Lógicas no clásicas

Segunda edición

© Universidad El Bosque
© Editorial Universidad El Bosque

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Pensar. Lógicas no clásicas

© Carlos Eduardo Maldonado Castañeda

Segunda edición, marzo de 2020
ISBN: xxxxx (Impreso)
ISBN: xxxxx (Digital)

Editor: Miller Alejandro Gallego Cataño
Coordinación editorial: Nicolás Darío Cuevas Alvear
Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto Abello
Corrección de estilo: Fredy Ordóñez

Hecho en Bogotá D.C., Colombia
Vicerrectoría de Investigaciones
Editorial Universidad El Bosque
Av. Cra 9 n.° 131A-02, Bloque O, 4.° piso
+57 (1) 648 9000, ext. 1395
editorial@unbosque.edu.co
www.uelbosque.edu.co/investigaciones/editorial

Impresión: xxxxx
Abril de 2020

121.68 M15p

Maldonado, Carlos Eduardo

Pensar : lógicas no clásicas / Carlos Eduardo Maldonado – segunda edición -- Bogotá: Universidad El Bosque, 2020.

332 p.; 16 x 24 cm
Incluye bibliografía del autor, referencias bibliográficas e índices.
ISBN: xxxxxxxx (Impreso)
ISBN: xxxxxxxx (Digital)
DOI: xxxxxxxx

1. Complejidad (Filosofía) 2. Lógicas no clásicas 3. Lógica simbólica y matemática 4. Lógica 5. Razonamiento I. Universidad El Bosque.

Fuente. SCDD 23ª ed. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Marzo de 2020) - RR

Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Resolución n° 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Acreditación institucional de alta calidad: Resolución 11373 del 10 de junio de 2016, MEN.

Lógicas no clásicas

Segunda edición

Carlos Eduardo Maldonado

c o n t e - n i d o

Prefacio a la segunda edición 11

Introducción 19

Primera parte.
Pensar y conocimiento de la lógica en general 31

1. El pensar como problema 34
2. Problemas, necesidad y pobreza 44
3. Pensar es pensar sobre problemas.
   Los problemas complejos 48
4. La investigación como un ejercicio
   de pensamiento 53
5. Pensar y sembrar 58
6. *Intermezzo*: la biología del pensar 60
7. El cerebro como objeto de estudio estratégico 68
8. Memoria, información, pensamiento 73
9. Un problema difícil: enseñar o aprender a pensar 77
10. Motivos y aspectos del pensar 85
11. Lógica, lógicas y pensar 91
12. Lógica y computación.
    Razonamiento, cálculo y programación 99
13. El panorama de las LNC 104
14. Un quiebre con la cultura 113
15. Líneas, curvas y pliegues del pensar en las LNC 116
16. Contra las categorías, pensar 124

Segunda parte

Lógicas no clásicas y sistemas sociales:

el oficio de pensar sin límites 129

1. Origen y sentido de las lógicas no clásicas 135
2. Inferencias y tipos de inferencia 148
3. Monotonicidad y no monotonicidad de la lógica 152
4. Una nota puntual 153
5. Las ciencias de la complejidad y las LNC 156
6. Algunas lógicas no clásicas 162
   - 6.1. La lógica cuántica 162
   - 6.2. La lógica deóntica 166
   - 6.3. La lógica intuicionista 169
   - 6.4. La lógica epistémica 171
   - 6.5. La lógica no monotónica 175
   - 6.6. La lógica difusa 178
   - 6.7. Las lógicas paraconsistentes 182
   - 6.8. La lógica libre 185
   - 6.9. La lógica de fibras 187
   - 6.10. La lógica de la relevancia 188
   - 6.11. La lógica del tiempo 190
   - 6.12. La lógica dinámica 194
   - 6.13. La lógica multimodal 197
   - 6.14. Las lógicas polivalentes 198
7. La impronta de las LNC 202
8. Los sistemas sociales 208
9. Lógicas del mundo y de la realidad 215
10. Las lógicas subestructurales 217
11. La construcción de mundo en el lenguaje: la lógica erotética 218
12. Lógica de la ficción 224
13. Teorías del mundo 229

14. Pensar no algorítmico 241
15. El azar y la contingencia 248
16. Conclusiones 255

Epílogo: 265
Metateoría y tipos posibles de ciencia ante
la complejidad del universo

Anexo 1: el fresco de las lógicas no clásicas (a la fecha) 270

Anexo 2: elementos para una genealogía de este libro 273

Bibliografía 275
A. Bibliografía general 291
B. Bibliografía básica sobre las LNC 293
C. Bibliografía sobre LNC y complejidad 296
D. Bibliografía sobre lógica en general 296
E. Bibliografía básica sobre el pensar 298
F. Bibliografía introductoria a las LNC 299
G. Bibliografía básica sobre las bases biológicas del pensar 299

Índice temático 301

Índice onomástico 323

Prefa-cio

a la segunda edición

Existen muchos elementos contingentes en el "éxito" de un texto, artículo o libro. La historia de la ciencia está llena de casos en los que un artículo se demora en tener impacto debido a circunstancias extracientíficas o bien porque en otro dominio del conocimiento se publica algo que tiene una importancia mayor. Desde luego hay autores que logran interpretar muy bien un momento —científico, histórico, filosófico— y logran publicar un texto que alcanza una resonancia singular de manera inmediata. Pero, en la gran mayoría de las ocasiones, los autores se ven sorprendidos: un texto al que, por así decirlo, no le hacían mayores "apuestas", alcanza réplicas significativas, social, cultural científica o filosóficamente. En campos del pensamiento abstracto —como en este caso, la lógica—, y en momentos de desasosiego social y cultural, el hecho de que un libro sobre lógicas no clásicas conozca prácticamente en cuestión de meses (algo menos de un par de años) un reconocimiento es algo menos que usual.

El éxito —relativo o provisional, o definitivo y total— de un texto nunca es un objetivo deliberadamente planeado y estratégicamente construido. El azar siempre juega un papel y, como sabemos en complejidad, al igual que en la vida, desempeña un papel en el ejercicio creativo. La contingencia es como un buen gnomo: juguetón, "gocetas", pero nunca pérfido y maligno. Los gnomos, se dice, gustan cambiar a las cosas de sus lugares, y en ocasiones también esconderlas durante un tiempo para después volver a sacarlas (cuando no han olvidado dónde las habían puesto). Los adultos, serios y conspicuos como son, jamás han visto gnomos ni otras creaturas semejantes. Los niños sí, aunque no lo sepan o lo olviden. Lo mismo sucede con el papel del azar, la contingencia o la aleatoriedad.

He comprobado mil y una veces que cuando la gente se entera de la complejidad —esto es, de asuntos como las ciencias de la complejidad— quedan engolosinados. El tema gusta, atrae, se quiere más. Pero, al mismo tiempo, es igualmente verdadero que hoy por hoy la gente busca, espera y quiere cosas nuevas; diferentes. Pues bien, en este caso particular, las lógicas no clásicas ofrecen luces,

sabores, aromas, atmósferas novedosas y diferentes. Y lo más importante de todo: no son difíciles.

Las lógicas no clásicas implican, de entrada, un pluralismo lógico, y por tanto un pluralismo de formas de pensar, un pluralismo de sistemas de verdad, en fin, un pluralismo de formas de vivir. No existe, ninguna necesidad de empezar el estudio de la lógica por la lógica formal clásica. Es perfectamente posible, e incluso deseable, empezar el estudio de la lógica directamente con ese panorama, amplio, abierto y creciente que son las lógicas no clásicas. Con ellas, y más allá de ellas, el tema de fondo es el pensar. Algo que parece haber quedado rezagado en tiempos y lugares en los que predominan los llamados a desarrollar competencias, destrezas y habilidades: exactamente todo lo opuesto al pensar libremente.

El estudio, el conocimiento y, si cabe, la apropiación de las lógicas no clásicas tienen innumerables consecuencias. Sin embargo, la primera y más evidente consiste en ganar libertad, independencia, autonomía, criterio propio. Que, paradójicamente, es lo que menos se observa alrededor.

Tenemos ante nosotros, con nosotros, un amplio conjunto de elementos: las lógicas no clásicas (LNC). Este libro ofrece una mirada al abanico de ellas. Sin embargo, no todas las LNC sirven para todo, por así decirlo. No todas tienen la misma validez, los mismos alcances o las mismas consecuencias. Otra cosa será profundizar en cada una de ellas, y en los acuerdos y refuerzos de algunas de ellas a otras.

* * *

En el año 2011, Leonardo Rodríguez-Zoya y la Comunidad de Pensamiento Complejo (CPC) me invitaron a escribir un capítulo del libro *La emergencia de la complejidad en América Latina*. Este capítulo se tituló: "Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no clásicas". De manera inmediata tuvo muy buena acogida, aunque de manera extraoficial. Esta era, en realidad, la primera concreción elaborada como artículo científico con varios antecedentes (entre los cuales los

más destacados son Maldonado: 2006, 2007a, 2007b, 2011) y varias presentaciones en distintas instituciones, entre estas la Universidad del Valle de Momboy (Venezuela, 2001) y el Instituto de Pensamiento Complejo Edgar Morin de la Universidad Ricardo Palma —gracias a las amables invitaciones de Teresa Salinas en los años 2011-2015—, además de mis clases en la Universidad Externado de Colombia y las invitaciones que recibía de la Universidad del Rosario. Paulatinamente fui presentando avances de mi trabajo sobre las lógicas no clásicas en el Doctorado de Ciencia Política de la Universidad Nacional (Bogotá, 2013), el Doctorado en Ciencias Sociales de la Pontificia Universidad Bolivariana (Medellín, 2012-2016), el Doctorado en Educación de la Universidad Católica de Manizales (2014-2015), el Doctorado en Derecho de la Universidad del Rosario (2014) y en varias maestrías del país y fuera de Colombia.

Por lo demás, las redes sociales y varios videos en *Youtube* contribuyeron enormemente a una muy gradual penetración de la idea acerca de las relaciones entre complejidad y lógicas no clásicas entre académicos, investigadores y distintos públicos fuera del ámbito académico.

En 2012 hice una presentación de las relaciones posibles entre complejidad y lógicas no clásicas ante el Instituto NECSI (en Estados Unidos), con una muy buena acogida. Posteriormente en 2016 dicté un seminario de dos días sobre complejidad y lógicas no clásicas gracias a una amable invitación de Felipe Lara-Rosano en el C3 de la UNAM, con resultados verdaderamente sorprendentes y positivos.

Desde entonces, entre una buena parte de la comunidad de complejólogos se fue permeando la idea—justamente, la percolación en su sentido físico, químico, o de la física estadística y de las matemáticas es una delas características de la complejidad—. Pero seguía sin haber ninguna sistematización —o, por lo menos, una sistematización pedagógica — de la idea. La publicación del artículo en el proyecto (CPC) tardaba una eternidad.

Conocí lo que la historia de la ciencia ha puesto suficientemente de manifiesto: la idea se iba volviendo gradualmente popular, y se

hablaba de ella, pero la demora del proyecto (CPC) me afectaba enormemente. Por fortuna, al fin, el libro apareció a comienzos del 2017, y pude dar evidencia de la paternidad de una idea. Casi paralelamente, a comienzos del 2017, apareció mi libro *Pensar. Las lógicas no clásicas*. Hoy se concreta el libro —el que el lector tiene entre sus manos—, que es la primera y más elaborada producción acerca del tema.

La intuición filosófica originaria nace en 1993 (Maldonado, 1993), que es cuando comienzo a distanciarme de la tradición en la que me había formado hasta la fecha: la filosofía fenomenológica. Fue entonces cuando comencé a pensar seriamente en el universo de las posibilidades. Más tarde, accedí al descubrimiento y al estudio sistemático de las LNC. El círculo, por así decirlo, se cerraba.

Debo, sin embargo, hacer una observación. El pensar en la fenomenología husserliana no es tanto un proceso lógico sino intuitivo, imaginativo. Se trata del *noein* —el *nous*, antes que el *logos*— y del proceso de elaboración de actos ideatorios y variaciones ideatorias que Husserl elabora suficientemente en numerosos textos; se trata de juegos mediante los cuales se hacen numerosas variaciones de un objeto o un fenómeno en la imaginación con el fin de lograr establecer su naturaleza. Esta idea permanece tácita, incubada, en lo profundo de mis trabajos sobre fenomenología, pero emerge, al cabo, como una idea propia en 1993.

Mi descubrimiento de la complejidad tuvo lugar por primera vez en la forma de las ciencias de la complejidad en 1996, cuando realicé mi primer postdoctorado en el Departamento de Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Pittsburgh (en ese momento no sabía que ese sería mi primer postdoctorado). Desde entonces me dediqué al estudio de la complejidad en la forma de las ciencias de la complejidad. Nunca entré a la complejidad, como la mayoría de los académicos en América Latina, a través del pensamiento de Edgar Morin. Con el tiempo, esta buena circunstancia se aunaría para permitirme un conocimiento medianamente sólido en ciencia y lógica.

Ahora bien, varios amigos y colegas me han preguntado por qué no presento el libro, y por tanto, la idea de las relaciones entre

complejidad y lógicas no clásicas en inglés. Como sabe una buena parte de la comunidad académica y científica, numerosos trabajos míos también han sido escritos en inglés (muchos de ellos con mi amigo Nelson Gómez-Cruz sobre la hipercomputación biológica).

La ciencia tiene elementos sociales, culturales y ciertamente también políticos. Sostener dos cosas al mismo tiempo: de un lado, que una de las ciencias de la complejidad son las lógicas no clásicas y, al mismo tiempo, de otra parte, que es perfectamente posible pensar la complejidad con la ayuda de las lógicas no clásicas constituye un auténtico programa de investigación. Dicho programa no ha sido, hasta donde sabemos, formulado en el mundo. Pues bien, sí deseo que el español sea el idioma en el que, por primera vez, aparece una formulación del programa —que es justamente este libro—. Mis motivaciones son tres: sociales, culturales y políticas. Las dos primeras se coligen de este libro. Las últimas encuentran su justificación en Maldonado (2017).

* * *

Desde la primera edición, y a lo largo del camino que conduce a esta segunda edición, he tenido la oportunidad de presentar y discutir las LNC en escenarios diferentes: en el Instituto NECSI en Boston, en el C3 (Centro de Ciencias de la Complejidad) de la UNAM en México, además de otros lugares en México (Guadalajara, Veracruz, León y Tepic), Colombia (Medellín, Bogotá, Neiva y Cali), Perú (Lima) y Ecuador (Loja). A todos los amigos y colegas que me han invitado a sus universidades a compartir les estoy inmensamente agradecido. En cada ocasión he aprendido mucho de ellos, así como de los estudiantes que han asistido a estos encuentros.

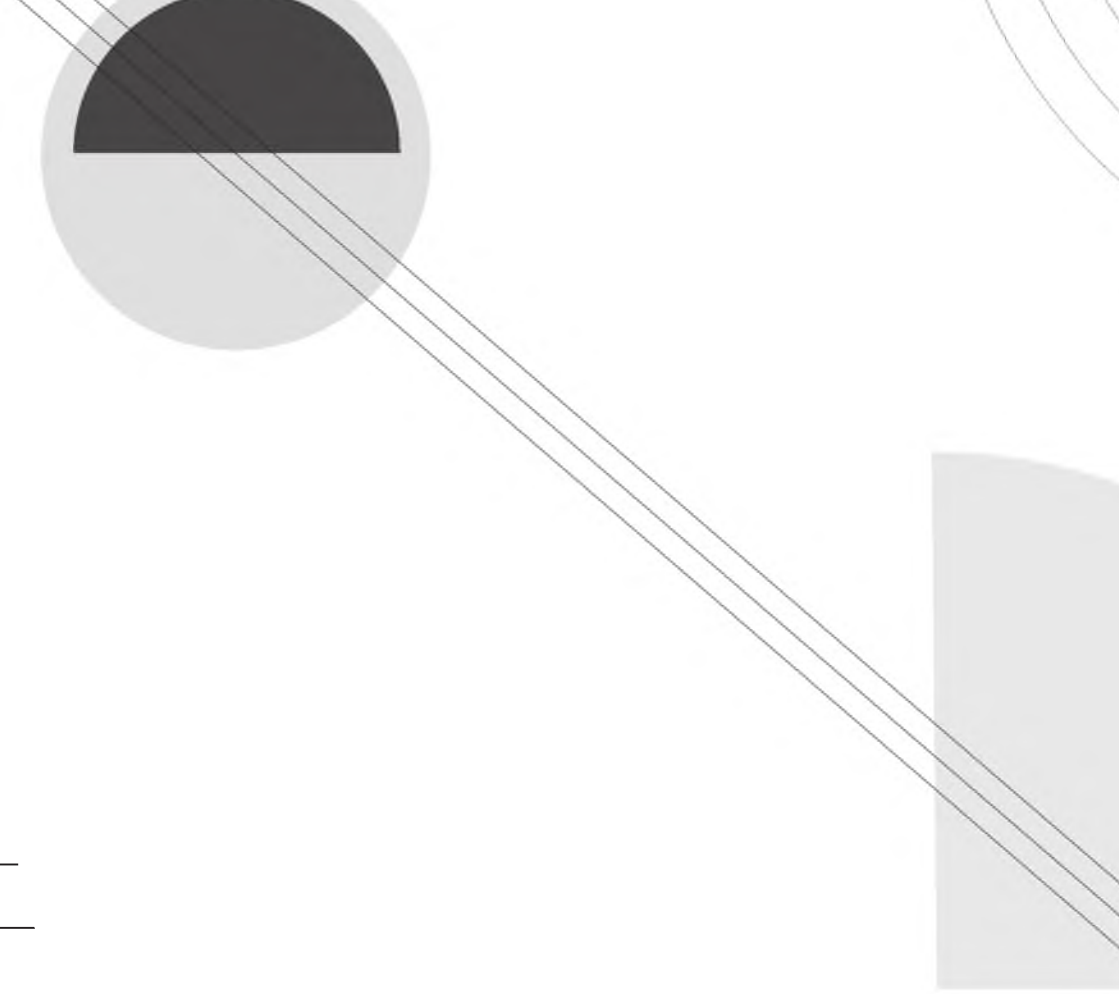
La segunda edición es una modificación sustancial de la primera edición en varios sentidos: lo que fuera la primera edición ha quedado incorporado aquí como primera parte. Al interior de esa primera parte, se hicieron numerosas aclaraciones, ampliaciones y precisiones y, naturalmente, se ha ampliado la bibliografía.

Algunos capítulos de la primera edición han pasado a la segunda parte. Mientras que la primera se ha convertido en algo así como una *obertura* a las lógicas no clásicas, se ha agregado una parte completamente nueva, la segunda, que es una presentación y discusión de la totalidad de las LNC. Esta constituye, hasta donde sé, la principal contribución de este libro. No existe en ningún idioma —y esto lo digo con prudencia a la fecha— ningún trabajo que presente y discuta en detalle las lógicas no clásicas y que, por tanto, las inscriba en los marcos de la comprensión y explicación de un universo y un mundo crecientemente complejos.

La bibliografía que se incluye al final puede ser considerada como un estado del arte en materia de LNC. Desde ya miro hacia el futuro, para la tercera edición de este libro. Esta segunda edición ha más que duplicado el volumen de la primera.

Un libro es un hijo. Nace, pero adquiere vida propia, y ya no se lo puede controlar. Hay que dejarlo que viva su propia vida, siempre con acompañamiento y lo más próximo que se pueda. No es esta la excepción.

Como quiera que sea, este libro no existiría sin el entusiasmo de Gerardo Aristizábal, hoy Decano de la Facultad de Ciencias, y Fundador de la Universidad El Bosque. Gerardo me ha animado y en muchas ocasiones me ha empujado para publicar este libro, para ampliarlo, para enriquecerlo y, en fin, para hacerlo posible. Este libro no existiría si no fuera por el amor al conocimiento de Gerardo. Por su amistad y empeño, le expreso mis mayores agradecimientos y le dedico este libro.



n t r o -

La buena ciencia ni parte de definiciones ni trabaja con definiciones. Por el contrario, se funda en *problemas*. El problema del que me ocupo aquí es el de la complejidad del mundo, la realidad o la naturaleza. La tesis que me propongo defender es que las lógicas no clásicas (LNC) contribuyen de manera sin igual a la comprensión y la explicación de dicha complejidad. Por tanto, el carácter de este libro es a la vez sintético y exploratorio, con los argumentos que oportunamente se presentarán.

A título provisorio propongo dos tesis, estrechamente relacionadas entre sí. Estas dos tesis, sin embargo, tienen tan solo la función de preparar el argumento final que sostengo en este texto.

Las dos tesis se pueden enunciar así: de un lado, una sola ciencia, cualquiera que sea, es insuficiente en el mundo de hoy para: a) comprender y abordar los problemas del mundo, o con los que nos vemos abocados, y b) solucionar los conjuntos de problemas del mundo actual. "Mundo" debe ser entendido en el sentido más amplio e incluyente, que comprende tanto a la sociedad, como la naturaleza y la realidad mismas. Se hace necesaria una confluencia, un encuentro o diálogo entre ciencias. "Ciencia" debe ser entendida en el sentido más amplio, pero también más fuerte de la palabra; por consiguiente, ya no se trata aquí de la distinción entre ciencias, disciplinas, prácticas y saberes, una distinción, hoy por hoy, vetusta. Pues bien, el hilo conductor es aquí el diálogo entre, de un lado, las ciencias de la complejidad. Y de otra parte, las lógicas no clásicas. La consecuencia de esta primera tesis es evidente: si las LNC contribuyen activamente a pensar, a comprender y a explicar la complejidad, entonces, naturalmente, las LNC son una de las ciencias de la complejidad.

La segunda tesis es de tipo lógico o epistemológico, y sostiene que nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades; más exactamente pensar (bien) es pensar en todas las posibilidades, y pensar en todas las posibilidades incluye pensar, en el límite, incluso lo imposible mismo.

Pues bien, ambas tesis cumplen simplemente una función propedéutica cuya tarea es preparar el terreno para la tesis central de este

texto: pensar equivale, de una parte, a resolver problemas, y de otra, a generar o introducir una innovación o innovaciones. De manera precisa, pensar carece de límites en cualquier acepción de la palabra y, en un sentido amplio es un comportamiento que tienen los sistemas vivos, y que, por tanto, no se reduce única o principalmente a los seres humanos. Pensar y vivir son una sola y misma cosa.

Así las cosas, el problema se revela de otra manera: se trata de comprender lo que es la vida y lo que hacen los sistemas vivos para vivir. En otras palabras, es imposible en el mundo de hoy, y dados los avances en el conocimiento, no tener una idea básica de lo que es la vida, que es, por excelencia, el fenómeno de todas las posibilidades.

Ahora bien, nadie piensa porque quiere. Esto es, el pensar no es un acto voluntario y deliberado. Por el contrario, sencillamente acaece. En otras palabras, pensar no es un punto de partida, sino, por el contrario, un punto de llegada. Los seres humanos piensan, de un lado, simple y sencillamente, porque no pueden evitarlo; esto es, dicho de manera coloquial: porque les toca, porque se ven forzados a ello, *faute de mieux*. Pero, al mismo tiempo, de otra parte, pensar es el resultado de jugar, esto es, literalmente, fantasear, imaginar, jugar libremente y sin ninguna finalidad pre-determinada.

La historia del mundo moderno y contemporáneo hasta nuestros días es el proceso mediante el cual se han ido refinando una propedéutica para el conocer, metodologías del conocimiento y técnicas propias de investigación y resolución de problemas. Lo mismo no puede ni debe decirse sobre el pensar. En otras palabras, en la transición desde el capitalismo post-industrial a la sociedad de la información, a la sociedad del conocimiento y actualmente a la sociedad de redes, ha habido, no sin buenas justificaciones, un trabajo en toda la línea acerca de procesos de conocimiento. Pero, contradictoriamente, el pensar parece haber quedado relegado a lugares de importancia secundaria. Si ello es así, asistimos a una crisis del pensar, algo que ha sido señalado, por lo demás, desde hace tiempo por parte los filósofos, humanistas y científicos.

A menos de que nos situemos en contextos doctrinarios, en buena ciencia y filosofía no existe una concepción única de un tema o un problema. Por el contrario, existen matices, versiones, gradientes, perspectivas... una diversidad que no necesariamente debe asimilarse a relativismo o eclecticismo. En un terreno tan joven como las LNC algo análogo sucede. En consecuencia, mi propósito aquí no es descriptivo —para lo cual remito sencillamente a la bibliografía—, más bien me propongo establecer mi propia posición. Asumo, por tanto, que existe un conocimiento básico de los temas, bibliografía y estados del arte, o bien, remito sencillamente a la bibliografía pertinente en los casos que llegue a ser necesario. El tema de base es, dicho en términos generales, las relaciones entre racionalidad y mundo; y más puntualmente: las relaciones entre las LNC y los sistemas sociales.

La idea de que las LNC son una de las ciencias de la complejidad surge de la propuesta, por definición abierta, del seno del Instituto Santa Fe (SFI, por sus siglas en inglés), Nuevo México, donde se acuña por primera vez la expresión "ciencias de la complejidad". Los investigadores del SFI presentaron descriptivamente las que consideraron que eran las ciencias de la complejidad, pero el propio desarrollo de la ciencia puso de manifiesto que otras ciencias eran efectivamente posibles, con el mismo estatuto. Notablemente, se trató de la criticalidad autoorganizada, presentada originariamente por Per Bak, y posteriormente, la ciencia de redes complejas, cuyos trabajos pioneros, prácticamente simultáneos pero paralelos e independientes, se deben a D. Watts, L. Barabasi, y S. Strogatz. Sin ambages, lo mismo puede decirse de la inteligencia de enjambre, con varias paternidades, cuyos principales autores a la fecha son justamente M. Dorigo, G. Theraulaz y E. Bonabeau.

Un rasgo distintivo de la complejidad es la existencia de una multiplicidad determinada, que no es, de ninguna forma, susceptible de ser reducida a componentes más básicos o elementales, incluso, al cabo, a componentes fundamentales. Así, como es sabido, la complejidad es irreductible.

Pues bien, la complejidad del mundo, del universo y de la vida no puede en manera alguna ser captada por una única ciencia o disciplina, en el sentido amplio de la palabra. Más exactamente, desde la complejidad cabe afirmar intuitivamente que la lógica del mundo, de la sociedad y de la realidad no es única y singular. Pero esta intuición hay que demostrarla. Tal es el propósito de este libro.

La lógica, en general, nace con Aristóteles, que en los *Primeros analíticos* y en los *Segundos analíticos* la concibe como un/el *organon* del conocimiento[1]. Esto es, parte medular de la filosofía —es decir, de la metafísica—, ninguna ciencia o disciplina es válida si no se asienta sólidamente en los criterios de la lógica. Como tal, esta lógica permanece inalterada, a pesar de diversos desarrollos a lo largo del tiempo (Bochenski, 1985; Kneale and Kneale, 1984), hasta cuando se hace efectivamente posible la lógica como una ciencia o disciplina independiente de la filosofía y, por tanto, sin supuestos metafísicos (Nagel, 1974); esto es, una ciencia con un estatuto epistemológico y un estatuto social y académico propio. Nace entonces la lógica formal clásica (LFC), que es, propiamente dicho, la lógica simbólica, la lógica matemática, o también la lógica proposicional o lógica de predicados: cuatro maneras diferentes de designar a un solo y mismo campo.

La LFC es comprendida como el "arte del razonamiento". La historia de su nacimiento comprende a figuras tan importantes como G. Boole, G. Morgan, G. Frege, D. Hilbert y A. Tarski, entre muchos otros, y ha sido narrada en numerosas ocasiones (Van

---

1. La obra principal de Aristóteles, por lo menos si se considera la extensión, no es la *Metafísica*, la *Política* o la *Ética a Nicómaco*, sino ese estudio de lógica que son los *Analíticos anteriores* y los *Analíticos Posteriores* (como también han sido traducidos en ocasiones). Es en ese libro, Aristóteles sostiene —y la tradición le cree— que pensar consiste en analizar, y ambos terminan asimilándose como idénticos o por lo menos, como equivalentes. Este es el más craso error de la tradición occidental en cuanto a la comprensión de en qué consiste pensar, puesto que, literalmente, analizar significa fragmentar, segmentar, dividir, desagregar.

Heijenoort, 1967). Esta lógica entiende, por ejemplo, que la validez (tablas de validez) de un enunciado o de un cuerpo de enunciados es la condición necesaria para poder hablar de "verdad". Pero la LFC propiamente hablando no sirve para establecer la verdad (o falsedad) del mundo o de las cosas del mundo, tan solo la validez.

En la bibliografía contemporánea sobre la lógica y la filosofía de la lógica existe una amplia discusión acerca de qué es la lógica (sorprendentemente los especialistas no se han podido poner de acuerdo sobre una definición general del campo de estudio), cuál es su naturaleza y cuál es su función. Dentro del amplio espectro uno puede reconocer posiciones formalistas (la lógica es el conjunto de cálculos diseñados para representar relaciones de deducibilidad), inferencialistas (la lógica es el aparato inferencial que gobierna nuestro sistema conceptual), meta-matemática (la lógica se ocupa de la fundamentación conjuntista de las matemáticas), computacional (la lógica es la que investiga los procesos mecánicos de razonamiento), instrumentalistas (la lógica es un método de representación perspicua de argumentos). Cada una de estas perspectivas tiene como resultado una definición de lógica distinta y también una concepción acerca de cuál es su objeto de estudio y su función. En cualquier caso, sin embargo, se trata de variaciones sobre un mismo tema, si cabe la expresión a ese continente amplio que son las LNC. En otras palabras, las diferentes concepciones mencionadas tienen en común el rasgo definitorio de la LFC, a saber: se trata de una lógica binaria, dualista o bivalente. Nada semejante existe ni es posible, en absoluto, en el marco de las LNC; y, como sostendremos oportunamente, tampoco nada semejante existe, *a fortiori*, en el seno de las ciencias de la complejidad[2].

El problema de la lógica en general con respecto al mundo puede presentarse adecuadamente en los siguientes términos: o bien, de

---

[2] Este párrafo es en respuesta a las observaciones de un evaluador anónimo. Me he beneficiado de sus observaciones, y le estoy agradecido.

un lado, el mundo y la realidad, la vida y la sociedad poseen una lógica, son lógicos, y si es así entonces la labor de los seres humanos —académicos e investigadores, científicos y filósofos, por ejemplo— consiste en desentrañar dicha lógica. O bien, de otra parte, el mundo, la realidad y la naturaleza carecen de una lógica (determinada) y entonces la tarea de los seres humanos estriba en otorgarle, de alguna manera, una lógica para que el mundo, la naturaleza y la realidad sean inteligibles, comprensibles. Justamente al respecto, Einstein sostenía que el mayor misterio del universo es que sea inteligible; esto es, que podamos comprenderlo. Hacer comprensibles o inteligibles las cosas puede ser llamado historia, el proceso civilizatorio, en fin, la cultura humana. La grandeza del espíritu humano consiste en hacer inteligible lo que de suyo no lo es y, más radicalmente, al cabo, en comprender que son posibles diversos modos de racionalidad, comprensión y explicación sin caer por ello en el relativismo.

Nuestra sociedad, no sin buenas razones, por ejemplo desde la sociología, ha sido caracterizada como la sociedad de la información, la sociedad del conocimiento y la sociedad de redes, respectivamente. Vivimos, literalmente, una época de verdadera luz y de una magnífica eclosión en el conocimiento. Jamás había habido tantos científicos, ingenieros, técnicos e investigadores como en nuestros días y jamás habíamos sabido tanto sobre el universo y sobre nosotros mismos. Por ejemplo, jamás había habido tantos investigadores con doctorado (Ph.D.), tanta gente con maestría, tantos médicos con especialidades, sub especializaciones y sub-sub especializaciones; tantos ingenieros, pero al mismo tiempo, tantos escritores, poetas, músicos y artistas, por ejemplo. Como consecuencia, los ritmos de avance del conocimiento son cada vez más vertiginosos. Hoy sabemos en numerosos campos el 100% o algo menos que lo que supimos en ese campo en toda la historia de la humanidad junta. Estos ritmos de avance son, más que exponenciales, verdaderamente hiperbólicos. Se trata de verdaderos bucles de retroalimentación positivos que inciden y confluyen por diversas vías con otros campos del conoci-

miento. La vitalidad en el conocimiento es, sin dudas, un motivo de vitalidad de la existencia y de optimismo, hoy y hacia futuro[3] .

Mientras que en la superficie —por ejemplo en los principales titulares de los grandes medios de comunicación alrededor del mundo— el tono es de desasosiego, crisis y un profundo malestar en la cultura e incluso de colapso civilizatorio, en las aguas más profundas, por así decirlo, asistimos a una efervescencia de optimismo y vitalidad que se expresa y se traduce al mismo tiempo en una ampliación y profundización del conocimiento como jamás había sucedido en la historia del planeta. Un fenómeno a gran escala y del más alto calibre. Asistimos, por decir lo menos, a un más que idóneo caldo de cultivo para pensar, no ya simplemente para conocer.

No obstante, gracias a la historia y a la filosofía de la ciencia hemos aprendido que existen dos formas generales de ciencia: la ciencia normal y la ciencia revolucionaria; digamos, paradigmas vigentes, paradigmas hegemónicos, y la presencia de anomalías y emergencia de nuevos paradigmas. La ciencia normal se caracteriza por un hecho singular: funciona. Esto es, con ella se pueden, literalmente, hacer cosas, pero ya no se le puede pedir una mayor o mejor explicación o comprensión de las cosas que las que ya hizo.

---

3. De acuerdo con la revista *Scientometrics*, una de las dos revistas más prestigiosas en ciencia (*Nature*) publica en sus diversas ediciones (*Nature*, *Nature Physics*, *Nature Biology*, etc.) alrededor de 20.000 artículos al año. Ciertamente, la mayoría de los mismos altamente técnicos y, por tanto, minimalistas. Como es sabido, *Nature* se publica semanalmente. Las mismas características y periodicidad sucede con la otra revista: *Science*. Si hemos de ser crédulos, la innovación en el conocimiento, en general, tiene lugar semanalmente. A estas revistas es preciso agregar todo el entramado de revistas, de diverso calibre, alrededor del mundo; además, claro, de una verdadera romelía de conferencias, seminarios, simposios, libros colectivos, series editoriales y libros de autor. Mantenerse al día en materia de ciencia en general se torna en un desafío crecientemente complicado. Pues bien, este panorama se torna más difícil cuando se atienden a varios campos o áreas del conocimiento a la vez. La verdadera interdisciplinariedad es uno de los más importantes retos y desafíos a los que puede aspirar quien, sencillamente, piensa.

La capacidad comprensiva y explicativa de esa ciencia ya se agotó, aun cuando todavía sea posible hacer cosas con ella.

Peor aún, la ciencia normal normaliza a la gente, y la gente normal es, por ejemplo, el conjunto de, como lo decía en su momento Napoleón, "idiotas útiles"; es decir, gente que hace las cosas, incluso las hace muy bien, que hasta es feliz con lo que hace, pero que no entiende ni qué es lo que hace ni hacia dónde va con lo que hace. La gente normal es sencillamente todo ese marasmo de gente funcional. Ellos conservan el mundo, lo mantienen, pero no lo hacen ni lo cambian[4].

Más adecuadamente, la ciencia normal comprende a la sociedad y al mundo, a la realidad y al universo, en términos de distribuciones normales, ley de grandes números, estándares, medias, medianas, promedios, matrices, vectores, y generalizaciones. Las herramientas e instrumentos, las técnicas y las aproximaciones mediante las que lleva a cabo dichas generalizaciones son variadas. Lo dicho, esta ciencia funciona, literalmente, y con ella se pueden *hacer* cosas en el mundo. Pero poco y nada nos ayuda para comprender, para explicar, para pensar la naturaleza, el universo y la vida misma. Sus criterios son efectividad, eficiencia, productividad, competitividad, crecimiento, desarrollo, entre otros.

Con respecto al pensar hay dos vías, perfectamente distintas, de acceso a este. La modernidad comienza con el descubrimiento de la capacidad de pensar como fundamento de cualquier otra posibili-

---

4 De acuerdo con un importante historiador (Morris, 2016), y contra todas las apariencias y atavismos heredados de distintas fuentes, la historia no la hacen los inteligentes, los valientes, los sabios o los descubridores. Por el contrario, el cambio en la historia se debe a gente perezosa, cobarde y codiciosa. La razón es que la gente actúa buscando las cosas más fáciles, rentables y seguras. Y raramente la gente sabe lo que hace. La reflexión o la conciencia viene después, y no es seguro que así suceda. Ahora bien, si ello es así, pensar no es, en absoluto, la regla en la sociedad, sino la excepción. La regla es el menor esfuerzo, el miedo, la búsqueda de alguna ganancia en lo que se hace. Un muy fuerte principio de economía tiene lugar, como se aprecia.

dad subsiguiente. Es lo que acontece con Descartes. Posteriormente, de un lado, el pensar se desplaza —fundadamente, en su momento— hacia el cálculo, que es lo que sucede con Newton-Leibniz. En el marco de la emergencia del cálculo (Dowek, 2011), el razonamiento —el pensar, justamente— fue gradualmente desplazado por el cálculo; esto es, ulteriormente, por la importancia de los algoritmos. Así, la modernidad deja de pensar y se vuelca a calcular. Esta es la historia dominante hasta la fecha. De hecho, lo que la gente normalmente llama como inteligencia es tan solo inteligencia algorítmica. Durante buena parte de la modernidad imperó el cálculo sobre el raciocinio. Y como resultado imperó la estrategia en cuanto determinación de las relaciones entre los seres humanos, y entre estos y la naturaleza; estrategia y cálculo configuran el ápice de la modernidad hasta su extensión y conversión como "ciencia normal" o hegemónica.

Precisemos mejor: el proceso de raciocinio es desplazado por la importancia del cálculo, y este, a su vez, posteriormente se transmuta por/en la programación. Al cabo del tiempo, pensar se deforma como cálculo, y este a su vez se convierte en programación. Serias consecuencias se derivan de estos procesos.

De otra parte, al mismo tiempo, particularmente en la segunda mitad del siglo XX hasta la fecha, emergen las lógicas no clásicas (LNC), igualmente conocidas como lógicas filosóficas. De modo general, estas lógicas pueden ser vistas como complementarias a —o extensiones de— o bien como alternativas de la LFC. En este texto quiero mostrar que, en realidad, las LNC son alternativas a la LFC, pero la forma en que lo mostraré será indirecta, como por efecto Doppler, si cabe la expresión. Más exactamente, en la medida en que nos alejemos de la LFC y de la ciencia normal —o bien, dicho inversamente—, en la medida en que nos acerquemos al pensar como tal, se hará claro que las LNC son alternativas y no simplemente complementos a la lógica simbólica. Lo que sí es posible decir directa e inmediatamente, de entrada, es que las LNC constituyen una de las ciencias de la complejidad; esto es, una de las herramientas, por así decirlo, para

comprender y explicar los fenómenos, sistemas y comportamientos de complejidad creciente, en el mundo y en la naturaleza.

Mi estrategia para abrir ambas compuertas hacia las LNC consiste en llamar la atención acerca de la importancia de los eventos raros, algo sobre lo cual ni la ciencia normal ni, *a fortiori*, la LFC saben nada.

De un modo general los eventos raros son cisnes negros, comportamientos irrepetibles, sistemas irreversibles, fenómenos impredecibles, acontecimientos únicos o singulares, inflexiones o situaciones límites, entre otras caracterizaciones y ejemplos. Propiamente hablando, los eventos raros son los que dan qué pensar. El conocimiento de estos es una condición necesaria, pero no suficiente, para comprenderlos y explicarlos.

A título introductorio digamos aquí que podemos trabajar con o sobre los eventos raros en términos de analogías, isomorfismos, homeomorfismos, redes, lógicas no clásicas o patrones.

Estos son los motivos que guían y abren al mismo tiempo esta presentación de y hacia la lógica en general. Digámoslo aquí de forma franca: se trata de allanar el camino hacia una comprensión de las LNC o, lo que es equivalente, del pensar mismo.

En apariencia, siguiendo las líneas del pensamiento clásico, es posible reducir —o mejor digamos traducir ulteriormente— la ciencia a las matemáticas, y las matemáticas a la lógica. Pero la lógica misma no podría ser reducida o traducida ulteriormente a ninguna otra instancia. Si ello es así, la lógica establece la última palabra de lo que sea el pensamiento humano. Sin embargo, gracias a las lógicas no clásicas el panorama se amplía magníficamente.

Parte I

Pensar y conocimiento de la lógica en general

Hay una confluencia entre biología y cultura importante en el caso de los seres humanos. Se trata del hecho de que las ventajas evolutivas de los humanos se sitúan, físicamente, en el cerebro, y, por tanto, en las capacidades de conocimiento y pensamiento. De un lado, esta creencia ha conducido al encefalocentrismo; esto es, a la idea de que el cerebro es el más complejo de todos los órganos, en todo el universo. De otra parte, se trata de la creencia en el logocentrismo. Desde el origen de los homínidos hasta la fecha ambas creencias parecen sostenerse firmemente. Se trata, en realidad, de una predicción retrospectiva. Sin embargo, de cara hacia el futuro, las cosas merecen atenuarse y matizarse enormemente.

Los seres humanos, individual o colectivamente, parecen haber llegado a ser lo que son gracias al pensar. O al conocer; aquí, por lo pronto, introductoriamente, lo mismo da. Ello ha situado a la cultura como un gran dínamo de la evolución humana, con ella, por tanto, a la filosofía, a la religión, a la teología, a las artes, a la física, a las matemáticas y siempre ulteriormente a la educación, en el centro. Esta es una cara de la moneda.

La otra cara es que la sobrevaloración de la cultura en toda la acepción de la palabra se tradujo necesariamente en un desplazamiento a lugares secundarios y una instrumentalización de la naturaleza. Dicho de forma breve y rápida: pensar consistió siempre en pensar contra la naturaleza.

Las LNC constituyen una de las ciencias de la complejidad. Pues bien, las ciencias de la complejidad constituyen un tipo de ciencia necesaria para un momento determinado. Siempre ha habido complejidad *avant la lettre*; un enunciado trivial, aquí como en cualquier otro ámbito del conocimiento. Lo cierto es que cada época desarrolla la ciencia que puede, cada época desarrolla la ciencia que necesita.

Así, las LNC y una re-consideración acerca del pensar constituyen una inflexión en la historia del pensamiento en general, y del pensamiento abstracto en particular. Dicho en una cápsula, las LNC son el tipo de lógica que permite superar los dualismos, que vuelca la mirada hacia la diversidad y los matices, en fin, que sabe de cuer-

pos, vacíos, ruidos, tanto como de naturaleza. Esta primera parte expone los temas más generales, pero lo mismo más básicos. Se trata de una sincera invitación a pensar, mucho más que a conocer.

Una observación importante se impone de entrada. En el horizonte del pensar emergen diferentes, numerosas lógicas; dicho técnicamente, diferentes sistemas lógicos. Se trata de las lógicas no clásicas (LNC). Sin embargo, no todas las LNC sirven igualmente para todo. Pretender lo contrario no solamente sería trivial, sino, peor aún, un signo de ignorancia. Dicho de manera simple: no todas las LNC sirven para todo; hay unas idóneas para unos momentos, y existen otras más apropiadas para determinados sistemas. Lo que sí es absolutamente relevante es que el conjunto o el panorama de las LNC sí sirven, *grosso modo*, para pensar la complejidad de la vida, del mundo o del universo. Podemos pensar de múltiples maneras y no ya de una sola forma; y por tanto podemos vivir de más de una forma, sin que, por primera vez, haya anatematización, exclusión o encerramiento de una forma de pensamiento por parte de otro.

Contra los enfoques sistémicos, que son esencialmente sistemas de control, digamos que las ciencias de la complejidad consisten en libertad; cuya expresión técnica es: grados de libertad —grados crecientes de libertad— tantos como sean posibles, tantos como quepa imaginar. La primera forma de libertad es la libertad de pensamiento, de la cual se derivan, si cabe la expresión, otras no menos fundamentales, tales como la libertad de creencia, la libertad de opinión o de palabra y, muy significativamente, la libertad de acción. La dificultad de la complejidad es la dificultad misma de existencia o la posibilidad de múltiples sistemas de pensamiento.

De manera generalizada, las LNC no son objeto de enseñanza-aprendizaje. Porque, la verdad, ellas implican una verdadera carga de profundidad. Ninguna de las ciencias de la complejidad posee una carga liberadora, crítica o emancipadora tan fuerte como las LNC.

1 El pensar como problema

El cerebro humano no evolucionó considerando la ciencia, la filosofía o la lógica, sino atendiendo al medio ambiente y desarrollando aquellos atributos que fueran preferibles para la supervivencia. Posteriormente, entre esos atributos aparecen las artes, la filosofía, la ciencia… Dicho en otras palabras, desde el punto de vista evolutivo, lo primero fue el conocimiento, y lo que hacen los seres vivos para vivir es conocer el entorno en el que viven, y explorarlo. El pensar es un resultado posterior de la evolución. Literalmente, una *exaptación* del cerebro.

Nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades. Pero pensar en todas las posibilidades incluye pensar en lo imposible mismo. Sin embargo, pensar no es un acto voluntario y deliberado. No se piensa porque se lo desea. Más bien, pensamos porque resulta una imperiosa necesidad, pero también porque se han desarrollado ya, con anterioridad, costumbres o hábitos que permiten anticipar que el pensar es posible y tiene sentido, en un momento determinado. No en última instancia pensamos porque disponemos de libertad y autonomía, y podemos entonces entregarnos a juegos ideatorios.

De manera más precisa, el pensar se hace posible a partir de la identificación de problemas, y son problemas los que sirven como simiento o cuna para que el pensar se haga posible. Sin problemas, en el sentido fuerte y exacto de la palabra, pensar no resulta necesario. Esta idea exige una aclaración indispensable.

Tal y como se dice generalmente en ciencia, en filosofía y en general en el espectro de la academia, la investigación se funda a partir de problemas. Esto es, retos, apuestas, desafíos. Ahora bien, si bien es cierto que la identificación o formulación de problemas

requiere como condición necesaria el conocimiento del estado del arte de un tema o materia determinadas —según el caso—, la tarea de formular problemas es esencialmente un ejercicio o un acto de la imaginación. Dicho de manera puntual, un problema se concibe, esto es, se imagina. Y un problema, entonces, se resuelve (esto en contraste con la técnica habitual de la pregunta de investigación: una pregunta se formula y, a su vez, una pregunta se responde).

Un problema no se concibe sin la cabeza, pero, propiamente hablando, un problema es una experiencia. De manera puntual, una experiencia vital. Como el amor, como la angustia, como el encuentro con el rostro del otro, como la muerte. Cuando se tiene un problema no somos nosotros quienes lo tenemos; por el contrario, es el problema el que nos tiene. Como cuando estamos enamorados (enamorados y no simplemente infatuados). Así, por ejemplo, nos despertamos a media noche pensando en la persona amada, nos sorprendemos en la calle o en reuniones totalmente abstraídos, porque la mente y el corazón pivotan alrededor del recuerdo o la imagen de la persona amada. Al fin y al cabo, como es sabido, el amor es una experiencia psicótica: perdemos el sentido de la realidad y estamos totalmente envueltos por la experiencia sin que nada ni nadie más nos importe. Pues bien, literalmente, un problema es como una experiencia de amor. El problema nos tiene, nos sorprendemos en numerosas ocasiones pensando o relacionando o remitiendo todo al problema, y creemos verlo en todas partes.

Ahora bien, los problemas (de investigación; los problemas que dan qué pensar) no existen en el mundo. Es el pensador (el investigador, el experimentador, el descubridor, pensador, el inventor) quien define qué es un problema y por qué lo es; qué implica que algo sea un problema y qué se sigue de esto. En otras palabras, los problemas no los encuentra el investigador en el mundo; por el contrario, los introduce en el mundo, y estos le confieren otro sentido, otro significado, en fin, otro significante al mundo y a la realidad.

Pues bien, pensar es una experiencia distinta al conocimiento. Si, con razón, Maturana y Varela (1984) ponen de manifiesto que

las raíces del conocimiento se encuentran en la biología (y no ya en aquellas instancias que los psicólogos, los epistemólogos de vieja data, y los filósofos creían, como el alma, el intelecto, el entendimiento, la razón, la conciencia, y demás), los motivos y el modo mismo del pensar tiene lugar o se gatilla en una experiencia ante-predicativa que es semejante a una experiencia límite. Y esa experiencia encuentra sus raíces en la biología, en efecto.

Pensamos en la forma de la duda, en la forma de tanteos, en la forma misma del bosquejo. Hay quienes piensan con la mano, y entonces elaboran trazos sobre una hoja de papel cualquiera, y hay a quienes se les ve el pensamiento en los movimientos mismos del cuerpo. El pensar tiene un rasgo distintivo que es reconocible a quienes tienen experiencias semejantes o próximas, y se hace evidente en el rostro como un todo; así por ejemplo en la mirada, o en una cierta área no enteramente definible, en fin, también en el hecho de que quienes se dan a la tarea de pensar no siempre emplean las palabras comunes y corrientes que usan todos los seres humanos en el día a día. El pensar como la inteligencia son evidentes ante una mirada sensible, y no pueden ser ocultados de manera fácil.

A los que piensan, como a quienes están enamorados, o a quienes padecen de pobreza, o quienes sufren de una enfermedad, por ejemplo, se los conoce por un ejercicio de entropatía (*Einfühlung*), esto es, una especie de "ponernos en el zapato de los otros", un acto de interiorización de un fenómeno externo. Pensar está jalonado por una especie de *hybris*, una pasión, un gusto, una fruición únicas. Ya la historia de la ciencia tanto como de la filosofía, la psicología del descubrimiento científico al igual que los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, así lo han puesto de manifiesto.

Sin embargo, el pensar no es exclusivo de los seres humanos. También los animales y las plantas piensan. Oportunamente volveremos al respecto; por lo pronto, lo verdaderamente importante estriba en el reconocimiento de que pensar no es un atributo exclusivo o distintivamente humano. Un escándalo cuando se lo mira con los ojos del pasado o de la tradición.

Pero no es este el lugar para entrar en este tema, por razones de espacio[5].

A pensar nos preparamos a través de mucha lectura, mucho estudio, mucha reflexión. Pero también, a través de mucha experiencia y una larga vida. Pensar, en otras palabras, no es un punto de partida, sino un punto de llegada, el resultado de un trabajo o una forma de vida que permite que, entonces, haya en la sociedad y en la cultura pensadores.

Pensar se convierte en un problema dado que, de suyo, es crítico, reflexivo, no acepta ningún criterio de autoridad de ninguna clase, es siempre cuestionador e implica la autonomía, independencia, libertad y la formación de criterio propio. No en vano la Ilustración, con Kant, eleva el pensar a un acto de soberanía por parte del individuo: "atrévete a pensar" (*sapere aude*) (literalmente: "atrévete a saber [por ti mismo]"). Como se aprecia, la clave no está en la frase de Kant sobre el pensar, sino en el acto de osadía, de libertad, de independencia por parte de alguien.

En un mundo cargado de intereses de todo tipo, pensar se asimila tanto a un "lujo" y a algo innecesario. Lo importante sería hacer o establecer para qué sirve algo. En este caso, para qué sirve pensar[6]. Un caso particular ilustra bien esta situación: de acuerdo con Kurt

---

5 Además de la bibliografía sobre el tema, referimos sobre el desarrollo reciente de la neurobiología de las plantas y los estudios animales: Mancuso, S., Viola, A. (2015). *Brilliant Green. The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Washington: Island Press; Kohn, E. (2013). *How Forests Think. Toward and Anthropology beyond the Human*. Berkeley: University of California Press; Baluska, F., Mancuso, S., Volkman, D. (eds.) (2007). *Communication in Plants. Neuronal Aspects of Plant Life*. Springer Verlag; Gross, A., and Vallely, A. (eds.) (2012). *Animals and the Imagination. A Companion to Animal Studies*. New York: Columbia University Press.

6 En la cultura popular, y notablemente en muchas películas de Hollywood que tratan de viajes espaciales, siempre hay un ingeniero, un médico, un físico o un químico, un técnico y así sucesivamente. Pero raramente hay un pensador. Los pensadores no importarían para la supervivencia de la especie humana y la exploración del espacio extraterrestre, aparentemente.

Lewin (1890-1947), "no hay nada más práctico que una buena teoría". Pensar nos permite elaborar modelos, teorías y comprensiones filosóficas sobre nosotros mismos y sobre el universo. En este sentido, sostenía Einstein que es la teoría la que nos permite ver las cosas.

Los aztecas jamás vieron llegar a Hernán Cortés, y solo se percataron que estaba allí cuando ya estaba matando a los aztecas, asolando los campos, violentando a sus mujeres. Y la razón por la que no vieron a los españoles es porque carecían del concepto de arcabuz, de perro, de caballo, de hombre blanco, y demás. Los conceptos y las teorías nos permiten ver las cosas, y al verlas podemos explicarlas y comprenderlas. Tal es el valor de pensar; esto es, pensar en y con conceptos, pensar y elaborar modelos y teorías, por ejemplo. Pensar y nombrar las cosas; cosas que anteriormente eran innombrables, innominadas. Al cabo, finalmente, toda discusión acerca de conceptos es una discusión filosófica. La inteligencia consiste en crear conceptos, pero, asimismo, al mismo tiempo, en crear metáforas y símiles. La inteligencia consiste en una libertad con respecto al lenguaje mismo; si se quiere, la inteligencia pasa, atraviesa por juegos de lenguaje, juegos de palabras —y, claro, entre ellos, encontramos la ironía y el sarcasmo—, la alegría, esa capacidad de juego que se desborda a sí misma. Sin embargo, es evidente que la inteligencia no únicamente consiste en esto.

En el mundo actual se asimila y se impulsa, se promueve y se hace el llamado constante a comportamientos distintos al pensar. Así, notablemente, se elogia el sentido de pertenencia, la lealtad, la fidelidad, la obediencia incluso, el cumplimiento de las normas y la institucionalidad. Todo ello va en desmedro del pensar en sentido propio. Vivimos una cultura de fobia al pensar, y son las normas, las leyes y la institucionalidad las que pasan a primer plano en la conciencia individual y social, repetidas por medios de comunicación social, ingenierías sociales de todo tipo y, en fin, estructuras organizacionales y cuerpos administrativos de toda índole. Predomina, sin más, una cultura de la obediencia y el acatamiento. De consumo, el olvido acerca del pensar se traduce exactamente en toda una política

de control, sumisión, obediencia, claudicación y entrega (*giving up*). Han estado reduciendo amplias capas de la población a ser simplemente objetos, con comportamientos inerciales, reactivos, propios de la mecánica clásica, en fin, ulteriormente pasivos.

En metodología de la ciencia, se ha convertido ya en una costumbre enseñar a los estudiantes que es importante tener "la pregunta de investigación". Lo que no se dice expresamente es que los estudiantes deben ser cuestionadores, inquisidores, no aceptar los hechos ni las ideas sin más. *In extremis*, lo que menos se enseña en estos casos es el desarrollo del gusto por el conocimiento, y la pasión por este; por ejemplo, la eliminación o disminución al máximo del temor a no equivocarse. Recientemente han comenzado a aparecer algunas revistas en las que se pueden publicar resultados negativos. Mientras tanto, lo cierto es que la inmensa mayoría de publicaciones son acerca de aciertos, triunfos, aseveraciones, éxitos, todo lo cual ofrece una visión parcializada, y por tanto equivocada de la ciencia y, entonces, del pensar.

Bien entendida, la pregunta de investigación es bastante más que una técnica; se trata de una actitud radical. Formular preguntas, mucho mejor: cuestionar es, en propiedad, una invitación a pensar las cosas de que se ocupan los seres humanos de otro modo distinto a la costumbre. Costumbre que eufemísticamente es conocida como el "estado del arte". Esta actitud radical no es, simple y llanamente, otra que la capacidad de cuestionar, formular o concebir problemas; literalmente, problematizar. Digámoslo sin más: pensar e investigar constituyen un auténtico acto de rebeldía, una insumisión.

Ahora bien, bien entendido, pensar consiste en imaginar mundos posibles, escenarios distintos, fenómenos y comportamientos nunca vistos hasta la fecha. Nadie piensa bien si no imagina nuevas realidades, si no se juega con posibilidades. Pensar no es, así, diferente a llevar a cabo experimentos mentales, en fin, jugar con pompas de intuición (*intuition bubbles*). Sin imaginación, el investigador es un autómata más; esto es, alguien que realiza tareas y las cumple eficientemente.

Pensar es un proceso que, contradictoriamente, implica al mundo y la naturaleza, pero que se lleva a cabo individualmente. Desde luego, existen los *think tanks* (tanques de pensamiento); además, en nuestra época son fundamentales las redes —nacionales e internacionales— de cooperación. Pero pensar implica soledad y aislamiento, encuentro consigo mismo, desafío y libertad (total, literalmente). Pensar se funda en un ejercicio en el que el alma dialoga consigo misma, si cabe aún la expresión, y el alma cuida de sí misma (*epimeleia tes psychés*). Quien piensa cuida de sí mismo y de los demás. El ejercicio de soledad del pensar es un ejercicio de fortaleza del alma misma. Consiste en una radical autonomía e independencia. Y esto constituye, manifiestamente, un problema.

En otras palabras, pensar sucede en la interfaz entre el mundo interior, rico, inmensamente rico por parte de quien piensa, y el resto del mundo y la realidad. Esa interfaz es un umbral móvil y difuso que se dirime en el cruce entre biografía y entorno familiar y social, es decir, la cultura misma o el momento histórico en los que emerge y se hace posible, o no, el proceso mismo del pensar.

Una observación final: dado que, presuntamente, el pensar sucede en las universidades, es necesario volver la mirada por un instante en esta dirección. Pues bien, la observación tiene que ver con el reconocimiento explícito de una tendencia peligrosa a hacer carrera en muchas universidades hoy en día, con paso cada vez más apretado y voz cada vez más elevada. Se trata de los intentos por disciplinar la investigación. Esto es, por ejemplo, que los economistas deben publicar en revistas de economía, los administradores en revistas de administración, los politólogos en revistas de su disciplina, y los médicos, por ejemplo, en las revistas de su área.

Se les quieren cortar las alas a los investigadores para que publiquen en revistas diferentes a su propia disciplina, y se tiende cada vez más a valorar poco y nada la publicación de artículos de alta calidad en revistas de otras áreas, incluso aunque esas revistas puedan ser A1.

Esta es una tendencia evidente en Colombia y en otros países. Por tanto, cabe pensar que se trata de una estrategia velada que solo se podría ver como anomalías locales. Falso.

Se trata de un esfuerzo cuyas finalidades son evidentes: adoctrinar a los investigadores y ejercer un control teórico —ideológico, digamos— sobre su producción y su pensamiento. Y claro, de pasada, cerrarles las puertas a enfoques cruzados, a aproximaciones transversales a la interdisciplinariedad.

Esta es una política a todas luces hipócrita: mientras que de un lado cada vez más los gestores del conocimiento hablan de la importancia de la interdisciplinariedad, de otra parte se cierran, tanto los programas de enseñanza, como los procesos mismos de investigación, libertades básicas que corresponden a lo mejor del avance del conocimiento en nuestros días.

Ciertamente, el conocimiento en general puede tener un avance al interior de cada disciplina. Pero ese progreso es limitado, técnico y minimalista. Dicho con palabras grandes: ese avance beneficia a la disciplina, pero deja intacto el mundo. No cambia para nada la realidad, ni la de la naturaleza ni la de la sociedad. Tampoco cambia a los sujetos que llevan a cabo la investigación. Una investigación que no cambia a quien investiga es tarea, rutina, ejercicio de reducción y, en suma, embrutecimiento.

En realidad, disciplinar la investigación corresponde a la emergencia y consolidación del capitalismo académico. Bien vale la pena volver a leer, incluso entre líneas, el libro fundamental de Slaughter y Rhoades: *Academic Capitalism and the New Economy*. Un texto invaluable sobre el cual los gestores del conocimiento en países como Colombia han arrojado un manto de silencio. Mientras que en los contextos académicos y de investigación de algunos países desarrollados sí es un motivo de reflexión y crítica.

Están pretendiendo controlar el pensamiento mismo de los investigadores. Ya no solamente el de los educadores y profesores. Con ello, de consuno, se trata de controlar a posibles futuros lectores, a los estudiantes y a una parte de la sociedad. Una empresa de control total.

En muchos colegios, los mecanismos de control ya están establecidos, notablemente a partir de las fuentes que trabajan, los libros por ejemplo, muchos de ellos pertenecen a dos o tres fondos editoriales. El control ya viene desde las editoriales elegidas por nume-

rosos colegios para la formación del pensamiento de los niños. Solo que el control de la información y el conocimiento a través de (un cierto número de) las editoriales ya es un control ideológico de la sociedad. Ideológico, es decir, doctrinal.

En las universidades se ha establecido ya la elaboración de los *syllabus* y de los programas. La libertad de enseñanza, la libertad de cátedra, como se decía, quiere ser cercenada y manipulada. Incluso hay numerosos lugares donde se discuten colectivamente los programas, todo con la finalidad de ajustarlos finalmente a los *syllabus*. Técnicamente, en esto consiste la "curricularización" de la educación; se presume la libertad de cátedra, pero se amarra a los profesores al programa o al currículo.

Con respecto a la investigación, el control ha de introducirse justamente con el llamado a la publicación de artículos en revistas de la disciplina. La libertad de pensamiento (es decir de la investigación) queda así limitada, si acaso no eliminada. La educación, así concebida, según parece, no forma personas inteligentes y libres; seguiría siendo simplemente un mecanismo de movilidad social, conjuntamente con el clero y la formación militar.

En un evento internacional hace poco conocí a un profesor que había estudiado un pregrado determinado, había hecho su doctorado en otra área en un país europeo, y como resultado investiga en otros temas diferentes, pero, como pude comprobarlo, en investigación de punta (*spearhead science*). Pues bien, este profesor anda por medio país, y ahora por medio continente buscando trabajo pues las convocatorias en muchas ocasiones exigen disciplinariedad (por ejemplo, haber estudiado economía y tener un doctorado en economía). De manera "generosa" (ironía), se escribe con frecuencia: "o en áreas afines". Economía es aquí tan solo un ejemplo.

El subdesarrollo —eso ha quedado en claro hace ya tiempo— no es un asunto de ingresos, dinero o crecimiento económico. Es ante todo una estructura mental. Pues bien, con fenómenos como los que estamos señalando, las universidades están reproduciendo las condiciones del atraso, la violencia, el subdesarrollo y la inequidad.

Por más edificios que compren o reestructuren y por más aparatos y dispositivos que introduzcan en las clases y en los campus.

Como se aprecia, parece haber toda una estrategia política. Y sí, la política se ha convertido en un asunto de control y manipulación, no de libertad y emancipación.

Disciplinar la investigación es en muchas ocasiones un asunto de improvisación; en otros términos, una cuestión de mala fe (en el sentido sartreano de la palabra), y en muchas ocasiones también un asunto de ignorancia.

Muchos profesores, simplemente por cuestiones básicas de supervivencia, terminan ajustándose a elaborar programas en concordancia con los *syllabus*, y a investigar y publicar de acuerdo con las nuevas tendencias y políticas. Por miedo, por pasividad. Pero siempre hay otros que conservan su sentido de independencia y autonomía.

Como sea, en el futuro inmediato, parece que el problema no se resolverá a corto plazo. Debemos poder elevar *alertas tempranas* contra la disciplinarización de la investigación. Y hacer de eso un asunto de discusión, estudio y cuestionamiento. Son numerosos los académicos e investigadores que viven en estas condiciones.

Terminemos la observación puntual anterior. Supuestamente *el topos* del pensamiento tiene lugar en las universidades: en las maestrías, los doctorados, postdoctorados y los centros e institutos de investigación. La verdad es que, por regla general, si el pensar genera conocimientos nuevos, la gran mayoría de la innovación no sucede en la universidad, sino fuera de esta; tiene lugar a pesar de la universidad. Pensar no conoce un espacio exclusivo para su existencia y desarrollo, aunque sí sea posible identificar condiciones de posibilidad excelsas para el pensar, en un lugar y en un momento determinado.

2 Problemas, necesidad y pobreza

Contra todas las apariencias, la inmensa mayoría de la gente no tiene problemas. Ciertamente no en el sentido prestante que adquiere el término en la investigación. Con todo y que, en el plano existencial, en numerosas ocasiones, los problemas cumplen para la mayoría de la gente la función de factores de selección. La vida se les va quedando en el afrontamiento de las dificultades, y los problemas terminan cobrando la vida de las personas; problemas como celos, deudas, odios, rencores, y muchos otros ardides que no son en realidad problemas sino trampas mortales.

Un problema, en el contexto de la investigación, tiene cualquier otra acepción distinta a dificultad, embrollo o trampa. En este sentido, el lenguaje que se emplea en ciencia y en filosofía en nada se corresponde con el lenguaje común y corriente que se usa en la calle todos los días, y cada vez menos. Los investigadores, como ha sostenido un autor, son una clase particular de seres humanos, pues aman los desafíos, los retos y las dificultades (*puzzles*). Definen su vida en torno al amor por los problemas, puesto que saben que, cuando resuelven un problema, hay diez más que aparecen inmediatamente.

Los problemas constituyen, metodológicamente hablando, el ADN de la investigación, o del pensar. Sin problemas nadie piensa, pero pensar consiste en más que resolver problemas. En sentido propio, pensar crea nuevas dimensiones, nuevos mundos, nuevas alternativas inexistentes anteriormente y, así, el pensar responde a los problemas creando posibilidades, imaginando divergencias y no convergencias. El pensar jamás reacciona ante los retos y las dificultades, y ciertamente no en el sentido newtoniano de la palabra. La mente no es otra cosa que una creadora de nuevos mundos y nuevas

realidades. Pensar es pensar en posibilidades, en toda la extensión, gama y profundidad de la palabra.

Los verdaderos problemas en ciencia como en la vida constituyen no simplemente cuestionamientos a un estado de cosas anterior o prevaleciente, sino, más radicalmente, la necesidad de cambiar un fenómeno, un comportamiento, un sistema determinados. Pensar consiste en querer cambiar las cosas, no simplemente en comprenderlas e interpretarlas.

En este punto vale recordar a Einstein. En el contexto del debate de Copenhague, decía el físico alemán que si verdaderamente se quiere resolver un problema, esto exige cambiar el marco en el que surge el problema. Así, bien entendido entonces, esto significa modificar el marco lógico, el marco epistemológico, el marco semántico, el marco sintáctico en el que surge un problema. Pero estos no son los únicos marcos. Asimismo, se hace indispensable cambiar el marco científico, el marco filosófico y el marco cultural en el que surge el problema. Pero, más radicalmente, ello conlleva también, de manera inevitable, a modificar de raíz el marco social, el marco político, el marco económico y el marco de valores en el que emerge el problema en cuestión. De lo contrario, no se habrá hecho nada y definitivamente el problema no habrá quedado resuelto, en modo alguno. Ulteriormente, se trata de cambiar la historia, punto. En ciencia y en metodología un problema que se aborda y se explica sin que se cambie verdaderamente nada se denomina una investigación epidemiológica.

Einstein mismo, como muchas veces sucede en la historia del conocimiento, jamás fue enteramente consciente del alcance y el significado de lo que estaba planteando.

Para el verdadero investigador, sus problemas no son un simple asunto de horarios de oficina. Los problemas del investigador no se encuentran en el tiempo objetivo (es decir el tiempo polinomial), sino, más propiamente, anidan en su corazón, o en su vientre, o en su hipófisis, o en algún otro lugar recóndito de su cuerpo. Un problema no simplemente se piensa; se siente. Constituye una ver-

dadera experiencia metafísica en el sentido de que modifica de raíz la existencia monótona, regular, parsimoniosa y cíclica de la vida común y corriente. Tenemos ante nosotros un auténtico oxímoron: los problemas que dan qué pensar y que definen la investigación producen verdadera fruición en el investigador. En el fondo resuena la segunda —¡no la primera! — frase de la *Metafísica* de Aristóteles (la primera): todos los hombres desean por naturaleza saber; (la segunda:) "*semeion d'e toon aistheseos ágapesis*". Así lo indica el placer (o disfrute) (*ágape*) de los sentidos [esto es, saber o conocer produce placer].

Para quien piensa, una vida llevada en preguntas, cuestionamientos, reflexiones, críticas, cambios de puntos de vista, juegos de imaginación y experimentos mentales, es una forma de vida propia, y cuando la ha conocido verdaderamente nada se iguala a ella. El mundo de la vida —en el sentido trivial o habermasiano de la palabra— parece soso, fofo, banal. La trivialidad y la mediocridad parecen rondar por todas partes, más allá de los entrenamientos de la vida cotidiana, más allá de los criterios mismos de estandarización y demás que prefiguran la existencia de la mayoría de los seres humanos. Exactamente en este sentido aparece una contradicción, pero que no es trivial: pensar no es un fenómeno normal y no se ciñe a los parámetros normales de distribuciones normales, ley de grandes números, curvas de Bell o campanas de Gauss, en ningún sentido.

Pensar ciertamente exige un esfuerzo y, más que disciplina, digamos constancia. He aquí otro oxímoron, a saber: en numerosas ocasiones pensar demanda un estilo de vida de mucha insistencia, trabajo y dedicación, pero el pensar carece de parámetros en cualquier acepción de la palabra. Visto de forma externa, el pensador parece alguien desprovisto de los ritmos habituales de la vida cotidiana, pero internamente son ciclones y tormentas, abismos y cordilleras, acompañados de vientos suaves y valles los que configuran, definen y determinan el pensar mismo. Por fuera todo parece relativamente calmo, pero por dentro son verdaderos terremotos o son tsunamis, arrebatamientos los que jalonan el pensamiento mismo. El

balance entre ambos, cuando existe, se plasma en una obra significativa, de valor trascendente. Entrar a la historia no es entrar al pasado; es lograr que generaciones futuras hablen de alguien.

3 Pensar es pensar sobre problemas. Los problemas complejos

El pensar se aparece ante los esclavos como una actividad ociosa, y sí: la verdad es que pensar es una sola y misma cosa con el ocio. Los griegos antiguos lo llamaban *scholé*, los franceses lo denominan *loisir*, y los angloparlantes se refieren a él como *leisure*. Los alemanes se acercan bastante a la idea de ocio cuando lo comprenden como *Freizeit*: tiempo libre. O lo que es equivalente en esa experiencia cultural ya muerta que es el *kairós*: el tiempo oportuno, el tiempo de lo oportuno, el tiempo que no está en el tiempo (objetivo), en fin, el tiempo del alma, como decían los medievales, místicos y no místicos. La gente normal no sabe del ocio; en el mejor de los casos tan solo tienen vacaciones (y habitualmente son programadas).

Pensar exige ocio y a la vez produce ocio —en contextos y tiempos de eficiencia, eficacia, productividad y control social a través de diversas ingenierías sociales—. Ocio significa todo lo opuesto a trabajo, a labor o a tarea, algo que en los contextos de gestión en general, y de gestión del conocimiento en particular, generalmente se omite o se ignora. Todo parece estar sujeto a indicadores, tablas, cuadros, medidas, tareas, planes, planeación, prospectiva, estudio de riesgo, estrategia, liderazgo y demás, para decirlo en el más políticamente correcto de los lenguajes; al cabo, indicadores y escalafones (*rankings*). Herbert von Braun decía que él hacía investigación cuando no sabía lo que hacía y no sabía muy bien a dónde iba con lo que hacía.

Más exactamente, no existen indicadores del ocio o para el ocio, por la sencilla razón de que el ocio no pertenece al tiempo objetivo o cronológico. El ocio pertenece a esa dimensión enorme

de lo ampliamente inútil, en esa lectura llena de sarcasmo de Ordine (2015). Pues bien, es en el ocio cuando en el pensar aparecen los problemas, aquellos que definen por su radicalidad y forma de vida la investigación, en el mejor de los sentidos.

El tiempo del pensar puede ser dicho entonces de una dúplice manera: como el *kairós* o, lo que es equivalente, como el ocio, y es entonces cuando los problemas que definen y constituyen al pensar emergen en propiedad.

Quisiera decirlo de manera directa: no hay que buscar los problemas. Por el contrario, hay que dejar que ellos nos asalten, por definición, súbita e inopinadamente. Como el amor, como el hambre, por ejemplo. En esto exactamente consiste el estar abiertos: abrirnos a los problemas, abrirnos al mundo, abrirnos a los misterios y enigmas. Cuando tenemos problemas, en realidad es como cuando estamos enamorados: nos volvemos psicóticos, pues el amor es una experiencia psicótica. Estar enamorados significa volvernos psicóticos, y cuando no lo estamos, impera el principio de realidad, las normas y las costumbres, y germina así el aburrimiento y la desidia.

Abrirnos al mundo, estar abiertos al tiempo y al espacio, abiertos incluso a nosotros: he aquí una idea simple que es, sin embargo, sumamente difícil de llevar a cabo, pues usualmente la gente tiene pre-conceptos, *pre*-juicios, *pre*-comprensiones. Pues bien, sobre esta base se hace imperativa una aclaración adicional: los más importantes de todos los problemas —lógica, metodológica, filosófica, científica y existencialmente— son aquellos que son propiamente complejos. En otras palabras, no es suficiente con identificar o formular problemas. De manera ideal debe ser posible identificar problemas complejos. En esto consiste la teoría de la complejidad computacional que, quiero decirlo, constituye la columna vertebral de todo el trabajo en complejidad.

Los fenómenos, los sistemas y los comportamientos complejos son sistemas abiertos. Pues bien, es imposible ver sistemas abiertos si no se tiene una estructura de mente abierta; de mente y de corazón, en realidad. Solo quien tiene una estructura de mente abierta ve

complejidad; y entonces, claro, ve emergencias, autoorganización, no linealidad, turbulencias y fluctuaciones, en fin, novedad y vida.

El estudio de los problemas complejos, y distinguir cuáles son efectivamente complejos y por qué y cuáles no lo son, constituye la médula de la teoría de la complejidad computacional, un campo que constituye y atraviesa transversalmente a las matemáticas, la lógica y la computación. Hay una doble manera de estudiar la teoría de la complejidad computacional: o bien a partir de la distinción entre problemas decidibles e indecidibles, o bien en términos de las relaciones entre los problemas P y los problemas NP. Ambos caminan, se implican recíproca y necesariamente.

Por trivial que resulte, es preciso señalar expresamente que no todos los problemas son complejos. Es más, la inmensa mayoría de problemas, en la vida como en ciencia, no son complejos. Un problema se dice que es complejo cuando las herramientas, los enfoques, las técnicas, las heurísticas y aproximaciones normales o tradicionales resultan insuficientes: a) para comprender el problema en cuestión; b) para resolverlo.

Desde otro punto de vista, cabe decir que un problema es complejo cuando el dominio que se tiene sobre el estado del arte en el conocimiento resulta insuficiente para resolverlo. Asimismo, más brevemente, un problema se dice que es complejo cuando una sola ciencia o disciplina es incapaz de encontrar soluciones a este.

Pues bien, los problemas propiamente llamados complejos constituyen el motivo de trabajo por parte de los complejólogos en general. Los sistemas complejos son sistemas abiertos, y es imposible ver la complejidad si no se tiene una estructura de mente abierta. La cultura tiende a cerrar las estructuras mentales abiertas; la biología, en contraste, nada sabe al respecto. Este es otro argumento que ayuda a entender por qué razón y cómo las ciencias de la complejidad constituyen una revolución científica.

Digámoslo sin ambages: un capítulo constitutivo de las ciencias de la complejidad son las LNC —un capítulo reciente y promisorio en la historia del conocimiento— y las LNC encuentran una puer-

ta directa de enlace con la teoría de la complejidad computacional. Diferentes entre sí, existen sin embargo varios vasos comunicantes entre ambas.

Pero vayamos más lento. Se hace necesaria una elucidación acerca de las clases de problemas. Se trata de comprender de forma precisa qué es un problema complejo. La tesis que quiero sostener aquí es que es un problema complejo el que da qué pensar. Esta idea permite, de forma genérica, pensar que existe en la historia y en la cultura una complejidad *avant la lettre*, y una complejidad en sentido estricto. Algo que sin duda puede confirmase en otros casos.

En la metodología tradicional de la ciencia, la formulación o identificación de problemas se direcciona a través de la llamada pregunta de investigación, y se funda ulteriormente en el esquema de origen positivista que, abierta o tácitamente, se deriva del Círculo de Viena (Stadler, 2011). Vale recordar, notablemente, la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación. De manera atávica, en la tradición científica la idea de base es que a cada problema identificado le corresponde una solución. Por el contrario, es característico de las ciencias de la complejidad entender varias cosas, así:

- Un problema no necesariamente debe tener una solución precisa o única.
- Existen grupos o asociaciones de problemas, y es posible trabajarlos de manera conjunta.
- Un problema se dice que es complejo cuando exige nuevos enfoques, nuevas herramientas y no una sola disciplina, ciencia o enfoque.
- Un problema es complejo cuando claramente adopta rasgos distintivos de la complejidad, tales como no linealidad, equilibrios dinámicos, o distribución de leyes de potencia, notablemente (Maldonado, 2018a).

Los problemas complejos pueden ser vistos existencialmente como aquellos que nos asaltan de repente y nos capturan por el cuello, por los intestinos o de otra forma, de tal modo que, literalmente, podemos afirmar que no los tenemos, sino que son ellos los que nos tienen. Es entonces cuando un problema exige, absolutamente, desde el punto de vista del estilo de vida que llevamos, que sea resuelto, o por lo menos que se intente resolverlo. Los problemas auténticamente complejos no se los ve con los ojos; se los siente en alguna parte del cuerpo; para algunos, en el vientre, otros, en los riñones, otros más en la garganta, y así según el tipo de fisiología que cada quien tiene.

En buena ciencia y en buena investigación, los problemas son la forma misma en que alguien existe y su producción teórica e intelectual cabe ser adecuadamente vista como el esfuerzo de solución del problema (o problemas) en cuestión. En otras palabras, no es un asunto de simple cuestión laboral (horarios, por ejemplo). Pensar se dice hoy investigar, y la investigación, cuando es auténtica, no sabe de tiempos cronológicos, circadianos, por ejemplo.

En fin, contra todas las apariencias, cuando efectivamente sucede, la investigación es una forma de vida. Y en consecuencia es radicalmente diferente de las profesiones, incluso de los niveles de especialización de las profesiones (especializaciones y maestrías). El investigador, como el verdadero creador, lo es veinticuatro horas, siete días a la semana. La historia de la gran literatura, de la gran ciencia, de la gran filosofía, de las grandes artes, por ejemplo, así lo ilustran con una profusión de casos.

4 La investigación como un ejercicio de pensamiento

Pensar requiere tiempo. Pero desde el punto de vista laboral y como cultura académica, los investigadores en general viven sujetos al *publish or perish* (publicar o morir). La presión es verdaderamente enorme, y la expresión de la misma puede apreciarse con nitidez en el sitio: http://retractionwatch.com; esto es, la presión que hace incurrir en plagio, deformación de datos, robo de ideas, co-autorías ficticias, y muchas otras prácticas nocivas y perversas, y todo a gran escala, como un comportamiento verdaderamente generalizado. Las diversas presiones que se plasman en el sitio web mencionado, por ejemplo, ponen de manifiesto el choque de dos dimensiones radicalmente distintas: de un lado, el tiempo de la producción, la eficiencia, la eficacia y el crecimiento de indicadores —algo perfectamente análogo al crecimiento económico del modelo económico imperante— y, de otra parte, la temporalidad de la creatividad en general; aquí, el tiempo del pensar. He aquí un tema de la mayor dificultad y que interpela a varias escalas y niveles de la sociedad en general, incluidos desde luego el sector público y el sector privado.

Ahora bien, la historia de la ciencia pone de manifiesto que, en ningún área del conocimiento, nadie descubre nada en lo que venía trabajando hacía años. Por el contrario, tanto en electrónica como en física, matemáticas o filosofía, en biología o sociología, por ejemplo, siempre los descubrimientos científicos suceden: a) por casualidad y b) en las cercanías de lo que el investigador venía trabajando. La condición es que el investigador debe ser lo suficientemente sensible e inteligente para ver esa casualidad y los descubrimientos en los

alrededores del campo o línea de trabajo que tenía. Como decía Heráclito (22 B 18): "Si no se espera lo inesperado nunca se lo hallará, dado lo inhallable y difícil de acceder que es".

En esta misma dirección, también la historia de la ciencia, así como igualmente la filosofía de la ciencia, ponen suficientemente de manifiesto que la ciencia en general no se hace única y fundamental con base en observación, descripción, instrumentos, técnicas, herramientas, redes, laboratorios, bilingüismo, y demás. Por el contrario, el elemento que verdaderamente gatilla a la ciencia, y en consecuencia la creatividad e innovación, es la capacidad de realizar experimentos mentales. Esto es, la importancia de las pompas de intuición, la imaginación y la fantasía.

Pensar e imaginar no son dos cosas diferentes. Son dos expresiones de un mismo fenómeno, a saber: concebir nuevos mundos, nuevas realidades, nuevas formas de ser de las cosas, en fin, explorar, anticipar lo que aún no ha llegado, proyectar lo que es posible de otros modos. En este sentido, mientras que el conocer avanza, por así decirlo, por partes, el pensar implica una capacidad de totalización, de síntesis, de figuración integral de aquello que se piensa. Precisamente a la manera de la imaginación, que consiste en brindarnos el cuadro completo de un fenómeno determinado, y no simplemente escorzos o segmentos de este.

No todos los seres humanos se dedican a la investigación y, por lo demás, no tienen por qué hacerlo. De la misma manera, no todos los seres humanos hacen de la ciencia, en el sentido más amplio e incluyente de la palabra, un estilo de vida. Por la misma razón, en consecuencia, la mayoría de las personas no tienen problemas en el sentido preciso que se discute aquí. Pero cuando acontece, la investigación es el ejercicio mismo del pensamiento, y pensar adquiere, si cabe, un sentido agónico, exactamente en la acepción que el término adquiere desde la antigua Grecia arcaica. Esto es, un asunto de vida o muerte. De vida en realidad, pues cabe recordar aquí la vieja idea del estoicismo. Sostenía el filósofo estoico Crisipo: "Entre la vida y la muerte no hay ninguna diferencia". Y alguien del sentido común

le replica: "¿Si no hay ninguna diferencia entonces por qué no se suicida?" Y responde el filósofo estoico: "Por eso mismo: porque no hay ninguna diferencia".

Digámoslo de manera elemental, en términos sociológicos: todos los seres humanos conocen, de alguna manera, esto o aquello. Y si bien la capacidad de pensar es común a todos los seres humanos, no todos piensan. Por diversas razones: porque no han sido llevados a ello, porque no se han visto impelidos a pensar, porque nunca hicieron del pensar un asunto propio, porque jamás disfrutaron de libertad, o por otras razones semejantes.

El tiempo del pensar no es objetivo. En este sentido, con razón, los griegos distinguían entre el tiempo cronológico y el tiempo del *kairós*. El tiempo del *kairós* puede ser asimilado al diálogo del alma consigo misma de que hablaba Platón, o bien, en el otro extremo del tiempo, al proceso misma del reencantamiento del mundo y de la vida del que hablan Prigogine y Stengers. Quisiera decirlo de forma directa y simple: investigar es un acto de optimismo, de confianza en el pensamiento, en la vida y en sus posibilidades. Quien ha claudicado ya ante la vida sencillamente se abandona, descree de las capacidades del pensar y es un escéptico convencido y la inutilidad de la investigación. El pesimismo ronda y se impone y, al cabo, reina la desolación y la muerte. Es cuando las personas han aprendido la desesperanza.

Pensar es, por consiguiente, todo lo contrario a un acto de abandono y claudicación ante las dificultades, los problemas y los obstáculos. Pensar es, así, una pulsión vital jalonada irracionalmente por un optimismo, una confianza o una fe en el reconocimiento de que, por así decirlo, el peor de los futuros será necesariamente mejor que el mejor de los pasados por el simple hecho de que es futuro, e implica por tanto esperanza y posibilidades.

Quienes han perdido la fe en la vida —por ejemplo por circunstancias políticas, económicas, afectivas, sociales y militares— simple y llanamente no piensan: aguantan, resisten, y, en la mayoría de las veces, al cabo del tiempo, desfallecen y caen sin más. En este

sentido, es propio observar en quienes son pensadores en el sentido preciso de la vida una luz distinta en la mirada, movimientos corporales diferentes a los habituales, en fin, una pulsión erótica —contraria a la pulsión tanática (Freud)— manifiesta e inoculable ante cualquier mirada atenta. Si esto es cierto, entonces pensar y vivir son una sola y misma cosa, y ambas existen y se expresan, por lo tanto, en la forma de la investigación, del inquerir o del pesquisar. Y esto es bastante más y muy diferente de la simple academia, de la ciencia en sentido plano, o de la filosofía en sentido técnico y cerrado.

* * *

El afán de poner a la comunidad académica, científica, filosófica y de ingenieros a producir artículos, capítulos de libros, libros, registros y patentes puede ser visto políticamente como el afán por ocuparlos para que produzcan, se ocupen y no piensen. Porque pensar cambia las cosas. Como con acierto se ha sostenido recurrentemente: la mejor praxis es una buena teoría (esta idea ha sido asignada a Kurt Lewin, pero ha llegado a formar parte de un imaginario culto, educado). Así, lo que sucede en realidad es que una muy buena parte de la comunidad de "investigadores" no investiga; simplemente hacen la tarea, producen; pero no piensan. Esto es, están lejos de una actitud crítica, emancipadora, liberadora, cuestionante, reflexiva en sentido estricto.

Pensar siempre ha correspondido a considerar las cosas de manera distinta de cómo han sido hasta el momento o de cómo son actualmente. El pensar no está volcado tanto hacia los hechos, sino hacia las posibilidades e incluso a lo imposible mismo. Y, desde luego, pensar implica la cabeza y al cerebro, pero los desborda por mucho y abarca e implica por completo todo el cuerpo y la existencia misma. En ocasiones, pensar tiene incluso un costo familiar o social por parte de quien piensa, pues como lo ilustra profusamente la historia, la mayoría de las personas no están familiarizadas con esa forma de vida que es el pensar.

Más exactamente, pensar no sabe de eficiencia y efectividad, de productividad y crecimiento (económico, notablemente). El pensar sienta las bases y las condiciones de sí mismo, y no tiene deudas con nadie. Pensar e investigar, dos expresiones de un solo y mismo asunto, son actividades, actos, procesos o formas de vida que implican radicalidad y autonomía, independencia y criterio propio, libertad y autenticidad. Por tanto, todo lo contrario a lealtad, fidelidad, doctrina y adiestramiento social y colectivo, obediencia y acatamiento, incluso respeto.

5 Pensar y sembrar

No existen garantías para el pensar y tampoco el pensar sienta garantía alguna. Bien entendido, pensar es un juego; acaso el juego mismo de la vida. Solo que es el más grande, riesgoso y atrevido de los juegos. A su manera, pero en la misma longitud de onda de este texto, ya François Jacob hablaba del "juego de lo posible" como el juego mismo de la vida o de los sistemas vivos, y resalta cómo la forma de la evolución —la vida— es la del bricolaje. Hoy aprovechamos alguna cosa sin saber exactamente cómo o para qué, y mañana o pasado mañana le damos otro uso que el que originalmente pudo tener. La vida se va haciendo de retazos, de mosaicos y vamos dándole una estética a medida que el tiempo va pasando.

En verdad, pensar es una especie de bricolaje —en el sentido de Jacob—, puesto que vamos, en ocasiones, por la vida pensando, no a la manera de un plan o programa pre-establecido, sino en adecuación de paisajes rugosos adaptativos. Pues bien, en esto consiste, bien entendida, la investigación. Esta no responde a una estrategia fría y determinada, sino, fundamentalmente, se asienta sobre fortalezas, capacidades, formación y ganas por parte de los investigadores. Cuando la investigación se funda en objetivos, habitualmente estos están puestos por agentes externos, especialmente por su fuente de financiación.

Hacemos la vida como podemos, intentando lo mejor y aprovechando lo que está a la mano en cada momento. Asimismo se hace la ciencia, el pensamiento. Cada época desarrolla la ciencia que puede, y cada época desarrolla la ciencia que necesita. En este mismo sentido, no existe una comprensión —y definitivamente ninguna definición— única de "ciencia". *A fortiori*, como observaremos en el curso de este libro, tampoco existe una definición única de "lógica".

Cabe decirlo sin más: pensar constituye una ventaja selectiva en la vida. Pero esta ventaja exige ser cultivada, literalmente, no construida. Esta distinción entre sembrar y construir constituye quizás el rasgo diferenciador más grande entre el mundo de las urgencias y las necesidades, y el mundo de los problemas que dan qué pensar. El pensar no construye nada; por el contrario, siembra, y como en los procesos del campo, espera, cultiva, cuida, riega, vuelve a esperar y finalmente cosecha. Pero cosecha para volver a sembrar. Lo que tenemos aquí es el ritmo o el pulso mismo de la tierra, de la naturaleza. Para los seres humanos, la expresión más inmediata de la tierra o la naturaleza es el cuerpo. Pues bien, cuando verdaderamente pensamos, no pensamos sin la cabeza, pero pensamos con el cuerpo mismo. Solo que la metodología habitual de la investigación nada sabe sobre esto y por eso mismo nunca dice nada al respecto.

Pensar con el cuerpo implica una consecuencia fuerte: la autenticidad. La mente en ocasiones nos engaña; nos engaña a veces la percepción. Pero el cuerpo jamás miente. Solo que debemos poder escucharlo. El pensar se anida en alguna parte del cuerpo, vibra y sale en la forma de palabras y textos escritos, a través del cerebro.

El primer objeto de trabajo, en ciencia y en lógica, es el lenguaje, pues es a través del lenguaje como aparece "verdad" en el mundo. Más exactamente, "verdad" tiene lugar tan solo en el lenguaje proposicional, no en ningún otro. El lenguaje proposicional es del tipo: S es P —esto es, sujeto, verbo predicado—; esto es, cuando afirmamos alguna cosa de algo. Existen numerosos otros tipos de lenguajes: en ninguna de ellos acaece "verdad" (o falsedad).

Nos batimos en primer lugar no con "la cosa" directamente; por ejemplo, la empresa, el paciente, la región, la centrifugadora, el aula de clase o lo que sea que nos ocupe en la ciencia o disciplina en que trabajamos. El primer objeto de trabajo es el lenguaje: cómo decir cosas nuevas, cómo decir cosas diferentes, cómo decir las cosas liberándonos del lenguaje ya habido, ya sedimentado y que resulta insuficiente.

6 *Intermezzo:* la biología del pensar

El ser humano es un sistema de sistemas. Los sistemas constitutivos del ser humano a nivel biológico son: el sistema endocrino, el sistema linfático, el sistema inmunológico, el sistema nervioso central, el sistema cardiovascular, el sistema muscular, el sistema digestivo, el sistema respiratorio y el sistema circulatorio. Con una observación puntual: en un organismo saludable, no todo pasa por el cerebro.

Para los seres humanos, pensar es determinante con el cerebro —el cual, dicho de pasada, no es un órgano, sino una glándula, una que contiene otras glándulas—. El cerebro es el único "órgano" endo-esquelético en el caso de los seres humanos; todo el resto del organismo es exo-esquelético. Lo que hace el cerebro para funcionar son esencialmente reacciones eléctricas y químicas, pero toda reacción química es en últimas una reacción eléctrica. Pues bien, es la estimulación eléctrica la que desencadena procesos mentales.

Desear e imaginar son determinantes para poder pensar, y ambos, desear e imaginar, son procesos que se llevan a cabo en las funciones superiores. Para su comprensión es básico el reconocimiento de las áreas (primarias y secundarias) y los lóbulos (frontal, parietal, temporal y occipital).

Sin embargo, propiamente hablando, no todas las estructuras del cerebro son estrictamente necesarias para la formación del pensamiento. Así, algunos córtices sensoriales tempranos, todos los córtices inferotemporales, el hipocampo, los córtices relacionados con el hipocampo, los córtices prefrontales y el cerebelo no entran en primera línea de consideración para temas tan sensibles e importantes como el pensar, la conciencia o el yo.

Desde el punto de vista biológico, pensamos gracias a miles, millones, billones de conexiones. Literalmente, en su expresión más

básica, pensar es relacionar. En efecto, el cerebro está compuesto por alrededor de 100.000 millones de neuronas y cada neurona dispara impulsos electroquímicos entre cinco y cincuenta veces por segundo, lo que da como resultado una estimación de 100 trillones de sinapsis, que son las conexiones que las neuronas, en sus extremos, tienen entre sí. A mayor flexibilidad de las sinapsis, mayor robustez en las conexiones y por tanto podemos pensar mejor. En otras palabras, la plasticidad de las neuronas garantiza una mejor capacidad de aprendizaje, de adaptación y de pensamiento.

Las neuronas son las células —e instancias— determinantes para la actividad cerebral. Como es sabido, las neuronas se componen del cuerpo celular, el axón, que es una fibra de salida, y las dentritas, que son fibras de entrada. Los extremos están constituidos por los citoesqueletos, que son los extremos que al mismo tiempo permiten, y en los que se realizan, las conexiones de las neuronas entre sí. Estas conexiones son conocidas como sinapsis. La figura 1 ilustra la estructura de una neurona:

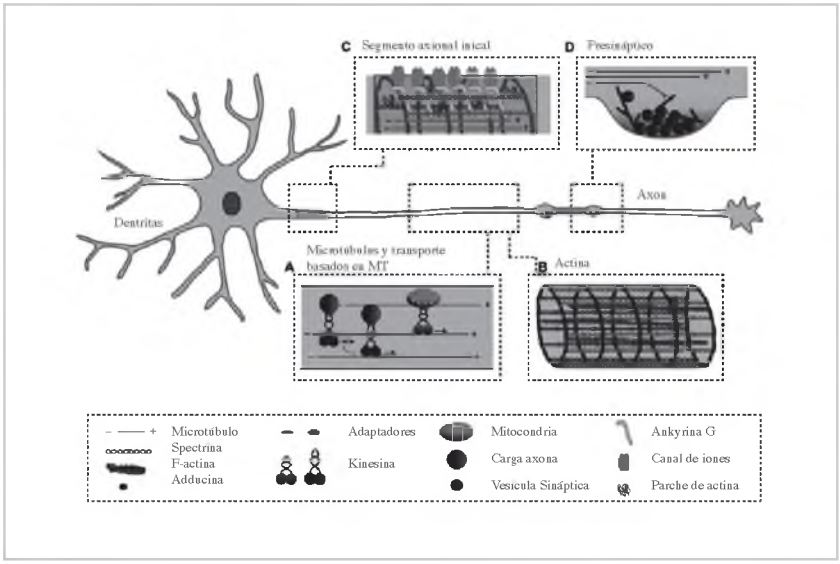


Figura 1. Estructura de una neurona

Figura 1. La unidad biológica de base para el proceso del pensamiento es la neurona. Solo que no existe una sola neurona. Más adecuadamente, el pensamiento es el resultado de conexiones de las neuronas y la robustez de dichas conexiones es lo que permite los procesos cognitivos y de pensamiento. Desde el punto de vista funcional cabe pensar razonablemente que el cerebro humano es el fenómeno de máxima complejidad conocido hasta la fecha. Esto se comprende mejor, no tanto por el conocimiento mismo del cerebro, algo que si bien ha logrado magníficos avances es aún incipiente, sino por las realidades y sistemas que ha creado, en síntesis la historia, la cultura.

Las neuronas constituyen acontecimientos singulares en la historia de la evolución, y es cierto que en su estructura y funcionamiento incide la cultura y el medio ambiente tanto como que estos son el resultado de las propias conexiones neuronales. El tema que emerge exactamente en este punto es la epigenética.

Las interacciones entre las neuronas son de orden cooperativo, de suerte que la liberación de neurotransmisores se traduce en procesos cognitivos: imágenes, palabras, juicios, argumentos, conceptos e ideas. El funcionamiento de la corteza cerebral opera como series de interacciones a través de sistemas de contigüidad, que se van extendiendo siempre por medio de adyacentes posibles. En otras palabras, la complejidad de los procesos mentales emerge a partir de la simplicidad de las interacciones o circuitos neuronales.

Pues bien, gracias a la plasticidad del cerebro puede decirse de una dúplice manera: que el pensamiento emerge como la función de anticipar acciones y movimientos o bien, igualmente, con la idea de proyectar o anticipar futuros. Digámoslo de manera franca y directa: la función primera del cerebro consiste en crear futuros, concebir

posibilidades, explorar e intuir horizontes, antes, mucho antes de que el cuerpo se lance entonces en dicha exploración, creación y concepción.

Propiamente hablando, el cerebro es una glándula que se encuentra totalmente encerrada en el cráneo. Nada sabe del mundo si no es a través de los agujeros que tiene el cuerpo —ojos, oídos, boca, nariz, etc.— y por las extensiones mismas del cuerpo; en primer lugar, la piel, y luego también los extremos, brazos y piernas. Es gracias a todos ellos que el cerebro sabe del mundo y el medioambiente en general. Pero la proporción no es exacta ni lineal. Así, mientras los sentidos suministran alrededor del 15% de la información sobre el mundo y el universo, el cerebro hace el resto. Sin ambages, el mundo es el resultado de complejos procesos cerebrales. El cerebro se inventa el mundo a su alrededor, con todo lo que lo compone y lo que sucede en él.

La plasticidad del cerebro abre las puertas a un dúplice camino: la epigénesis y la endosimbiosis. Sin embargo, por razones de espacio deben quedar aquí simplemente mencionadas. Como quiera que sea, la idea de base es que la biología y la cultura no son dos momentos, dimensiones o escalas diferentes. Por el contrario, constituyen un continuo vago que se implica en ambos extremos recíproca y necesariamente. El uno incide en las estructuras del otro, tanto como que las dinámicas de uno y otro se encuentran estrechamente entrelazadas y relacionadas. Sus relaciones son, literalmente, equilibrios dinámicos.

Sin embargo, la verdad es que la mayoría de las acciones e incluso decisiones que llevan a cabo los seres humanos suceden en la forma de "piloto automático". Esto es, no son exactamente procesos conscientes, efectivamente racionales, objetos de juicios explícitos, en fin, el resultado de procesos reflexivos. Son, sencillamente, acciones que llevamos a cabo sin pensar (mucho o nada) en ellas. La vida transcurre, en su inmensa mayoría, en piloto automático, inconsciente, preconsciente.

Como quiera que sea, es un hecho que no existen dos cosas: neuronas y medioambiente o, también, genes y cultura. Por el contrario, existe una sola y misma cosa, y ello es conocido, recientemente, como la teoría de la epigénesis (o epigenética). Las creencias (cultura) y las acciones (palabras incluidas) modifican la estructura y el funcionamiento de las neuronas, tanto como estas inciden en el desarrollo mismo de la cultura. A la epigénesis es indispensable vincular la importancia de la endosimbiosis. Con ambas, el horizonte que emerge no es ya simplemente la biología como tal, sino, mucho mejor, la biología de sistemas. La idea de base es que la vida es un complejo entramado de codependencias, aprendizajes recíprocos de diversas instancias y dimensiones, procesos de cooperación en función de la afirmación de una unidad superior: el organismo, la vida misma; se trata de la constitución y reconstitución continua de procesos de inteligencia de enjambre, de mutualismo y comensalismo en todos los niveles y escalas: dentro del organismo, entre este y el medio ambiente, y entre unas especies y otras.

El cerebro está situado en el cuerpo y el cuerpo es tanto la interfaz entre nuestra subjetividad y el resto del mundo, como la expresión más concreta y directa de la naturaleza. Pues bien, evolutivamente es tan importante el cerebro para el desarrollo y la evolución de los seres humanos, que es el único "órgano" (es decir la glándula) que es endoesquelético. En los seres humanos, el resto del cuerpo es evidentemente exoesquelético (acaso con la excepción *parcial* del aparato cardiovascular y pulmonar). Nadie piensa sin su cuerpo, y el cuerpo mismo es la más directa e inmediata expresión de los procesos de pensamiento que tienen lugar en el cerebro.

El cerebro está protegido, literalmente, de las inclemencias del entorno por una dura capa: el cráneo. La existencia entera de la especie humana depende del cuidado del cerebro, pero con él, entonces, del cuerpo entero, pues de ambos depende el desarrollo y la evolución de la mente.

Es incuestionable que el cerebro, en su anatomía, fisiología y termodinámica es determinante para el pensar. Pero es fundamental

evitar el encefalocentrismo, esto es, el reduccionismo que afirma que todos los procesos cognitivos y de pensamiento suceden exclusiva y determinantemente en el cerebro. La mayoría de voces acerca de las bases biológicas del pensar se encuentran en el filo y las laderas en esta pendiente reduccionista.

En síntesis, el cerebro es un sistema de sistemas compuesto por neuronas, circuitos locales, núcleos subcorticales, regiones corticales, sistemas y sistemas de sistemas. O también, en otras palabras, una gran glándula que contiene otros sistemas de glándulas, células y regiones.

La figura 2 presenta la idea de que los seres humanos son un entramado de sistemas de sistemas:

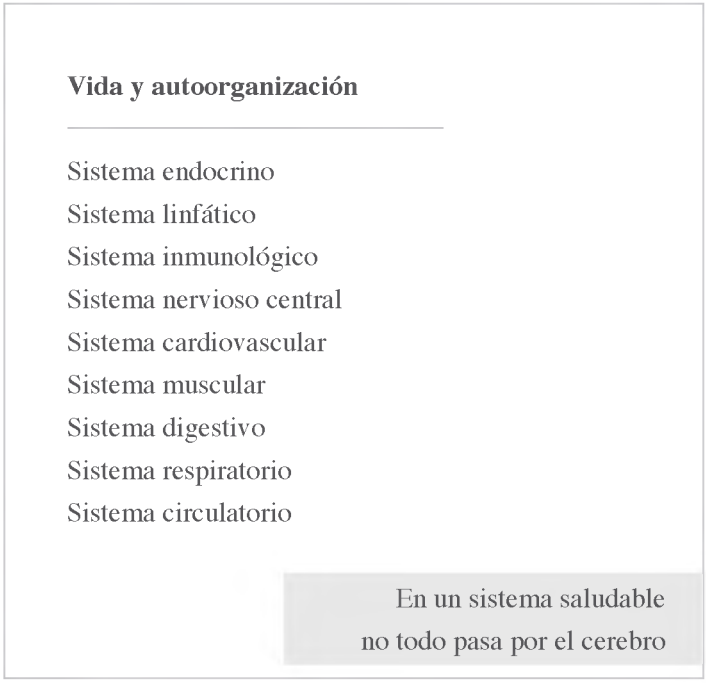


Figura 2. Los sistemas vivos son sistemas de sistema. El caso del ser humano
Fuente: elaboración del autor.

El ser humano es un sistema de sistemas. Literalmente, no existe un sistema que sea único o determinante. Por el contrario, el centro depende, en cada caso, de cada caso. Así, por ejemplo, mientras se hace ejercicio el centro es el sistema muscular, pero mientras se disfruta de una comida el centro se desplaza al sistema digestivo. Por el contrario, mientras estudiamos, el centro lo ocupa el sistema nervioso central. Quizás el sistema más determinante para la vida y el buen funcionamiento de un ser humano sea el sistema inmunológico, el cual se caracteriza, por lo demás, porque no está centralizado, pues es ubicuo y jamás deja de trabajar, digamos, veinticuatro horas, siete días a la semana.

Es fundamental atender entonces al hecho de que, en un sistema sano o saludable, no todo pasa por el cerebro, lo cual marca una distancia enorme con respecto a toda la tradición encefalocéntrica de la civilización occidental.

Para terminar parcialmente este *intermezzo*, cabe una reflexión puntual. Las bases biológicas del pensar pueden ser igualmente bien comprendidas a partir del reconocimiento explícito de que el modo como pensamos e incluso el contenido de lo que pensamos incide en la salud humana. A título ilustrativo, por ejemplo, la medicina ayurvédica pone de manifiesto que la salud humana pasa por el proceso de aprender a pensar. Aquí ello significa no pensar en el pasado o en el futuro, porque nos enfermamos. Debemos aprender a pensar en el presente. Y pensar en el presente significa simple y llanamente concentrarnos, en cada caso en aquello que hacemos, sin más. Si estamos comiendo, existe ese presente. Si caminamos o estudiamos, ese el único tiempo real, y así sucesivamente para cada una de las actividades que podemos emprender. Diversas otras tradiciones culturales coinciden con este aspecto.

La salud humana pasa por el hecho de que seamos nosotros quienes controlamos el cerebro, y no al revés. Para la inmensa mayoría de la gente, es el cerebro el que los domina. Y vale entonces recordar lo que, a modo de imagen, mencionaba Siddharta Gautama: el yo o el cerebro es un mono loco, borracho, picado por una abeja. El cerebro nos saca de nosotros mismos, y hace que nos perdamos en el camino. Entonces, simple y llanamente, erramos.

7 El cerebro como objeto de estudio estratégico

Uno de los programas de investigación científica de más largo alcance hoy es el estudio del cerebro. De un lado, por ejemplo, encontramos la *Brain Initiative* en Estados Unidos (http://www.braininitiative.org) y, de otra parte, en la Unión Europea, el *Human Brain Project* (https://www.humanbrainproject.eu/en/), dos proyectos equivalentes, cuyas diferencias son esencialmente políticas, a saber: hacer ciencia europea en un caso o bien hacer ciencia norteamericana. La ciencia está desde la modernidad hasta hoy fuertemente marcada por intereses de tipo nacional; estos intereses gatillan el avance del conocimiento y en otros, lo frenan. Ahora bien, mientras que esta es la norma en prácticamente todos los campos, es igualmente cierto que existen crecientemente magníficos programas de cooperación científica. La configuración de grandes bases de datos, el trabajo con estos y el desarrollo subsiguiente de la ciencia de grandes datos (*big data science*) ha sido, sin lugar a dudas, el factor que más ha determinado el trabajo cooperativo en ciencia en general.

Pues bien, muy recientemente se han formulado dos programas de investigación "nacionales" en torno al estudio del cerebro, con presupuestos específicos y regulares, y con fechas de cierre precisas. La psicología, las ciencias cognitivas, las ciencias del comportamiento, las neurociencias y las tecnologías aplicadas a estas son cinco áreas perfectamente entrecruzadas entre sí, y de una importancia estratégica, desde varios puntos de vista que confluyen y emergen a la vez del programa o de la iniciativa cerebro; *Brain Initiative* o *Brain Proyect* (Brain es el acrónimo que designa: *Brain Research Through Advanced Innovative Technologies*: "Investigación del cerebro a través de tecnologías avanzadas"). Otros programas de investigación dedicados al estudio del cerebro son el *Blue Brain*

Proyect (http://bluebrain.epfl.ch) y *The Human Connectome* (http://www.humanconnectomeproject.org); y *Connectome* (http://www.humanconnectome.org).

El estudio del cerebro apunta a conocer su estructura y funcionamiento, algo sobre lo cual, si bien la ciencia ha ganado un amplio terreno, es demasiado lo que falta aún por conocer. Al fin y al cabo, la condición mínima a partir de la cual los seres humanos hacen algo o dejan de hacerlo es el conjunto de sus temores, ilusiones, deseos, fantasías, creencia, frustraciones, angustias y relaciones con el entorno y con el mundo circundante. Es en el cerebro donde se incuban todas estas instancias. Literalmente, el estudio del cerebro habrá de permitir comprender las creencias, ilusiones, temores, angustias, esperanzas y demás —dicho rápidamente, el mundo de la subjetividad, que verosímilmente nace en el cerebro— de los seres humanos, y así, predecir y actuar sobre esas mismas creencias. La importancia política del tema no escapa a una mirada sensible.

Pues bien, a partir de —y en relación con— las iniciativas y proyectos e investigación sobre el cerebro han emergido algunos campos singulares directamente vinculados o extensiones de las investigaciones en curso. Los más importantes de estos campos son los siguientes:

- *Neuropsicología*: estudia las relaciones entre los procesos mentales y los comportamentales, directamente vinculados con el conocimiento del cerebro. El neuropsicólogo elabora el diagnóstico y tratamiento de los problemas cognitivos, de comportamiento y emocionales que pueden ser el resultado de procesos en el cerebro.
- *Neuroética*: originariamente vinculada a la bioética y a las neurociencias, la neuroética consiste en el estudio de los valores, principios y comportamientos éticos y no éticos que tienen los individuos, de modo que puedan elaborarse diagnósticos y explicaciones acerca de por qué y cómo determinados individuos y colectividades actúan

con base en tales criterios éticos, o bien en aquellos otros. No en última instancia se trata de conocer los valores éticos y morales que se anidan en el cerebro de grupos y sociedades.

- *Neuroderecho*: el sentido de una acción estaría anidado en el cerebro. Así, se trata de estudiar por qué existen patologías jurídicas, comportamientos ilegales, comportamientos antiéticos, y tendencias a subvertir la ley con una u otra justificación. El neuroderecho permite conocer y anticipar conductas delictivas, a partir del estudio del funcionamiento del cerebro en determinados ámbitos sociales, económicos, religiosos o militares.
- *Neuromarketing*: ¿por qué hay un tipo de consumidores y no otros? ¿Por qué hay ciertas preferencias, cómo y por qué cambian? ¿Cómo son los sentidos afectivos y emocionales que permiten el consumo o lo inhiben? ¿Cómo surgen y se mantiene los gustos de las personas? Estos son algunos de los ejes del neuromarketing. Todo a partir de determinados estímulos de mercadeo (combinados con propaganda, publicidad y diseño).
- *Neurociencias sociales*: es el conjunto de estudios dedicados a las estructuras, comportamientos y consecuencias sociales de creencias compartidas, de conflictos de creencias y de opacamiento así como del surgimiento de creencias en el marco de la sociedad y la cultura. Son relativamente numerosas las ciencias y disciplinas que confluyen y a la vez alimentan este campo, y no todas precisamente de las ciencias sociales y humanas. Sin la menor duda, esta constituye una de las aristas más importantes de la investigación científica y filosófica a futuro.
- *Neuroeconomía*: de entrada, este grupo de ciencias o enfoques se concentra en la interfaz entre el sistema biológico de los seres humanos y sus comportamientos, poniendo énfasis en las relaciones entre el sistema

hormonal y el sistema neurológico. De esta suerte, el cruce entre afectos y emociones con procesos cognitivos y mentales se erige como base para la comprensión del mundo social. Más puntualmente, el interés radica en la forma como los comportamientos sociales están marcados o influidos por el sistema inmune, el sistema endocrino, los procesos de metabolización y los aspectos mentales e intelectuales.

- *Neuroeducación*: establecer por qué hay individuos y grupos que aprenden rápidamente y otros más lentamente es el objeto de base de las preocupaciones de la neuroeducación. De esta suerte el aprendizaje y la didáctica deben poder encontrar en las neurociencias (es decir el estudio del funcionamiento del cerebro) las razones mismas de la pedagogía. En ninguna área es tan evidente que el aprendizaje y el funcionamiento del cerebro forman un todo integrado que habrá de determinar las capacidades, las habilidades y las destrezas de los estudiantes o aprendices.
- *Neuropolítica*: Una de las áreas más sensibles de las aplicaciones de las ciencias neurológicas se refiere a la política en general; esto es, todos los gestos, gustos, comportamientos e ideas acerca del poder, las alianzas, las relaciones, la aceptación del *statu quo*, el rechazo de este, y otros aspectos concomitantes. En una palabra: quién es amigo del sistema y quién no lo es, tanto como quien podría no serlo. La ciencia de grandes bases de datos, el uso de las tecnologías sociales, internet y *machine learning* y *deep learning*, las redes sociales y las tecnologías de comunicación (celulares, etc.) resultan capitales en este plano. La idea aquí no es tanto diagnosticar comportamientos, como leer la mente de los usuarios y ciudadanos, y entonces anticipar comportamientos.

Existe, naturalmente, una muy fuerte imbricación entre los campos antes mencionados. Ahora bien, si en todas las áreas mencionadas el uso de las nuevas tecnologías es determinante, en ninguno lo es tanto como en la neuropolítica. En todos los casos el afán es finalmente uno solo: conocer el cerebro para controlar comportamientos; conocer el cerebro para predecir conductas, individuales y de mediano y largo alcance.

¿El cerebro? Una observación puntual se impone. En realidad, los seres humanos poseen tres cerebros ensamblados en una sola unidad. Estos tres cerebros son el reptiliano (emociones), el sistema límbico (sentimientos) y el neocórtex (ideas y conceptos). No es evidente que las grandes, las mejores y las más altas decisiones tengan lugar en el neocórtex. Las emociones —y valga mencionar el actual llamado a considerar la inteligencia emocional de cada quien y de las organizaciones— se concentra en el sistema límbico, específicamente en el hipotálamo lateral. Las emociones son eminente y distintivamente cerebrales; las pasiones, por el contrario, ese ámbito que fue desplazado a lugares muy secundarios en la ciencia, la educación y la cultura contemporáneas, no son tanto de carácter cerebral como corpóreo. El pensar puede involucrar —como es efectivamente el caso— las emociones, pero el pensar se enraíza fuertemente en las pasiones. Un capítulo que aún espera mejores y mayores espacios de estudio, hoy.

Vivimos una época que es verdaderamente una bisagra, y en ella, el estudio del cerebro resulta estratégico desde muchos puntos de vista. Asistimos apenas a los primeros atisbos de lo que se viene por delante. Relativamente al programa inmediatamente anterior, y aún vigente, de investigación que fue el Proyecto Genoma Humano, el proyecto o iniciativa *Brain* es, muy de lejos, bastante más importante estratégicamente, desde numerosos puntos de vista.

8 Memoria, información, pensamiento

Es imposible pensar (bien) sin una amplia y sólida información. Dicho, acaso, de manera puntual, es imposible pensar sin datos (no obstante, es igualmente cierto que en numerosas ocasiones debemos pensar justamente debido a la falta de información o a causa o en medio de información parcial). La información o los datos constituyen, por así decirlo, el polo a tierra del pensar. El acopio de información es en general la cultura; la información no es sino la expresión más abstracta, en el lenguaje de la física del siglo XX de lo que el siglo XIX comprendía con el concepto de "energía". Amplia y sólida información significa que se dispone de una fuerte energía. Energía como fuente, como potencia.

La información se procesa, pero también se acumula, se almacena y puede distribuirse sin ninguna dificultad. El almacenamiento más inmediato de la información tiene lugar en y como la memoria. Para pensar es indispensable que la información esté disponible y lo está en la forma de memoria.

Ahora bien, existen diversas clases de memoria. Computacionalmente, es conocida la distinción entre memoria de corto plazo y la memoria de largo plazo, además de la memoria sensitiva. Importante como es, esta distinción no es aquí sin embargo de mucha ayuda. En el caso de los seres humanos, la memoria de largo plazo se articula como memoria explícita e implícita, cuya diferencia sencillamente es el papel que la conciencia juega en cada caso; a su vez, cada una de las anteriores, correspondientemente, da lugar a la memoria declarativa (que se ocupa de hechos y eventos) y la memoria procedimental (que se enfoca en habilidades y tareas). Cada uno de estos tipos de memorias tiene un lugar en la organización del cerebro (neocórtex, lóbulo frontal, cuerpo estriado, etc.). Al cabo existe

igualmente la memoria episódica y la memoria semántica. Más bien, cabe señalar que el tipo de memoria indispensable para un (buen) pensar es una memoria gráfica, una memoria visual, en fin, una memoria como mapa.

La memoria de lo que pensamos y hemos pensado no se encuentra únicamente en nuestra cabeza, en la mente. Es visible, igualmente, en nuestro rostro y en el cuerpo mismo. Una buena lectura del rostro humano y del cuerpo permite adivinar, por así decirlo, la clase de información que alguien tiene, así como, consiguientemente, el tipo de pensar del que es capaz, o en el que destaca mejor.

En otras palabras, la memoria, sea de corto o de largo plazo, no se almacena única y principalmente en la cabeza. Ella se extiende por el cuerpo entero como una especie de esponja que, al mismo tiempo que absorbe información proveniente del medioambiente, deja entrever la cantidad y la calidad de información que alguien ha acumulado y procesado a partir de sus experiencias.

Quien pierde la memoria no puede pensar bien; prácticamente no piensa para nada. En el mejor de los casos, puede conocer e identificar el entorno. De esta suerte, la memoria es condición para el pensar, pero el pensar le confiere sentido y significación a la memoria. En otras palabras, alguien con mucha memoria no necesariamente piensa; es alguien capaz de elaborar grandes asociaciones. Las asociaciones son una condición para el pensar, pero no conducen necesariamente a él. La memoria va cambiando con el transcurso de la vida; unas veces recordamos una cosa de una manera, otras, de otra, y es la memoria la que va esculpiendo, si cabe, los modos y contenidos mismos del pensar.

La importancia de la memoria como un todo es de tal índole que, si se altera por completo la memoria de alguien, cambia por completo su personalidad. Sucede aquí algo análogo al conjunto de creencias de una persona que le otorgan identidad frente a sí misma y sus conocidos: el cambio de creencias es una sola y misma cosa con el cambio de la identidad. O de la personalidad. O de la historia de una persona (esto permite comprender por qué razón los debates

en torno a la historia pueden convertirse en un asunto altamente sensible. También permite comprender, por lo demás, por qué la historia es una materia políticamente incorrecta).

De forma más puntual, la memoria se encuentra vinculada, aunque es distinta de ella, a la capacidad de aprendizaje; en ella se llevan a cabo procesos de asociación, de síntesis, de diferenciación y otros, pero, particularmente, de construcción de inferencias. El proceso gradual de construcción de inferencias, directas e indirectas, con certeza y con incertidumbre, permite apreciar el proceso mismo del pensar, el cual va exponiendo, por así decirlo, los acervos de memoria de que alguien es capaz. En otras palabras, en el proceso mismo del pensar se puede ver, literalmente, la memoria, los recuerdos, los acumulados de lecturas, experiencias, asociaciones, y otros, que alguien dispone o que ha ido procesando en su vida.

El tema de las inferencias directas será el objeto de una consideración aparte, por sí misma, en el capítulo 23, en la segunda parte de este libro.

En un escrito, en una conversación, en una exposición, por ejemplo, en los que se puede apreciar un proceso de pensamiento —y no solamente de conocimiento—, existe una unidad sólida y fuerte con la información acumulada y procesada que se decanta en la memoria. Así, la memoria no es un estanco frío y pasivo, por así decirlo, sino un dinámico y activo sistema que se entreteje activamente con el proceso mismo del pensamiento, prestándole, si cabe, forma y contenido. Al fin y al cabo, la materia misma del pensamiento es la información, y esta es más, bastante más, que un mero acumulado de datos. Lo importante, aquí y siempre, es el procesamiento mismo de los datos, lo cual da como resultado la calidad de la información.

En otras palabras, la riqueza de un pensamiento se enmarca y es posible a la vez por aquello que lo sostiene y que sin embargo no salta inmediatamente a la vista como protagonista: la información acumulada, la memoria, la cultura o la educación de que dispone alguien. Estas son fundamentales, pero ocupan un lugar discreto. Son

las que conocen la obra y el escenario, pero dejan que el conocimiento y el pensar acaparen las miradas y la atención.

Cuando es la memoria la que atrae las miradas, ello no se llama ya pensamiento —y mucho menos creatividad—. Lo que resulta entonces es erudición, que tiene, desde luego, una importancia propia, pero que no cabe confundir con el verdadero y original pensamiento. Un erudito es alguien que dispone de una enorme cultura y conocimiento y que naturalmente ha aprendido mucho a lo largo de sus experiencias (de estudio, de viajes y de lectura, por ejemplo). La erudición es encomiable desde muchos puntos de vista, pero la categoría de un (o una) pensador(a) es algo que la cultura, la buena educación y la convivencia misma destacan por encima de cualquier otro rasgo, siempre sobre la base de las calidades humanas. La bonhomía, para decirlo mejor.

El pensar necesita de la información y la memoria, pero estas por sí mismas conducen a un escalón anterior al del pensar, el de la erudición.

9 Un problema difícil: enseñar o aprender a pensar

¿Puede enseñarse a pensar? ¿Hay quien enseñe a pensar? O bien, ¿tan solo aprendemos a pensar? El problema es de la mayor importancia y no tiene una respuesta sencilla, e implica ámbitos que van desde la filosofía hasta las políticas y gestiones del conocimiento en toda la acepción de la palabra. El destino entero de muchos seres humanos depende de la(s) respuesta(s) que se de(n) a estos interrogantes.

De manera explícita o intuitiva, la mayoría de las personas y la cultura respondería afirmativamente a la primera pregunta. Hay métodos, procesos, mecanismos y técnicas para enseñar a pensar. De hecho, la pretensión misma de la lógica es justamente esa, de suerte que, siguiendo una serie de pasos (argumentación) y evitando otros (sofismas y paralogismos), se aprende a pensar. Precisamente en este sentido, Aristóteles identificó la lógica como *órganon*, o instrumento, de/para el conocimiento. Esto significa que, siguiendo las indicaciones, afirmativas y negativas de la lógica, alguien puede aprender a pensar; también era la pretensión, a su manera, de la Academia y del Liceo —que se convirtieron en la Universidad—: enseñar a pensar. Cultural, filosófica o históricamente, Occidente es esa civilización que cree en la importancia y la necesidad de enseñar. Ahora, si la lógica sirve de propedéutica, habría así un camino hacia el pensamiento y cada quien debería poder recorrerlo.

La dificultad estriba, según parece, en que, si efectivamente se enseña a pensar, ¿por qué razón existen entonces tantos errores en el mundo? Al fin y al cabo, las decisiones y las acciones humanas serían la consecuencia de un (buen) pensar. El estado del mundo alrededor y un seguimiento atento de las noticias permitirían comprobar

que las acciones y decisiones en muchos casos no son las mejores. Esta consideración permite una conclusión provisional: en principio a un buen pensar le sigue un actuar bueno (una conclusión que hay que adoptar *cum granu salis*, esto es, a título meramente hipotético). El pensamiento es condición de la acción, pero la acción no siempre se sigue (necesariamente) de un pensamiento.

Por la razón que se acaba de indicar, cabe decir, alternativamente, que, en el mejor de los casos, aprendemos a pensar —a veces—. Sabemos que alguien piensa, y conocemos a un(a) pensador(a) cuando lo vemos. No sabemos quizás qué piensa —a menos que lo pensado sea expresado—, pero sí conocemos el estado y el talante, el modo y la actitud de quien piensa. En realidad, aprendemos a pensar en entornos favorables al pensamiento y en condiciones amables; condiciones de tipo emocional, social, cultural, político, económico y hasta religioso y militar[7] resultan sensibles para un buen pensar.

Aprender a pensar es una experiencia de entropatía y, por tanto, de convivio. La antropología cultural así lo pone de manifiesto a propósito de la formación de un joven por parte del chamán. Pues bien, *mutatis mutandi* es lo que acontece en un proceso de formación doctoral. Entre tres y seis años, un estudiante de doctorado lleva una especie de convivencia con el director de la tesis (*Doktorvater*, se dice en alemán: el padre doctor. El profesor que es como un padre para el doctorante. Existe también, naturalmente, la *Doktormutter*). Todo esto indica una cosa precisa: para pensar se requiere tiempo, y el tiempo del pensar no coincide para nada con el tiempo cronológico.

De esta suerte, aprender a pensar es una sola y misma cosa con el aprendizaje del tiempo, de un tiempo que no transcurre ni más lento ni más despacio, un tiempo que no se puede medir por sí

---

7 Precisamente, en el lenguaje en boga en educación se habla de comunidad de aprendizaje, de aprender a aprender, de aprendizaje significativo, y ulteriormente de desaprender.

mismo. Más radicalmente, aprender a pensar implica rigurosamente una capacidad de distanciamiento y de rechazo incluso del tiempo. Al cabo, la gran sabiduría del mundo termina reconociendo que el tiempo es una ilusión, o banal o fútil, o sencillamente que no existe.

Ello, no obstante, medimos, por así decirlo, el pensar en términos de las efectuaciones que lleva a cabo el pensar. En el contexto académico y científico, se trata justamente de los productos de la investigación cuyos productos son artículos, capítulos de libros, libros, patentes, registros y demás. Pero en el plano de la vida, algunas de esas efectuaciones consisten en la bonhomía, en una alegría que ni se agota ni consiste exactamente en las risas, en cierta despreocupación por las cosas más mundanas por efectistas y consumistas, en fin, en un cambio de actitud radical hacia los demás, como hacia la naturaleza y hacia sí mismo.

Aprender a pensar significa comprender que hay un tiempo que no depende enteramente de nosotros y que sin embargo no nos es en absoluto ajeno. El aprendizaje de pensar es una sola y misma cosa con un aprendizaje de sabiduría; saber, por ejemplo, que debemos tener paciencia y que el optimismo es un componente del universo y la realidad; optimismo o esperanza, lo mismo da.

* * *

Pensar, pensar libremente, pensar como alguien que es verdaderamente libre no es fácil ni gratuito. La expresión más directa e inmediata en la que se condensan las dificultades de/para el pensar se denomina hoy salud mental.

Pues bien, como es sabido, el principal problema de salud pública en el mundo actual es la salud mental. El gran secreto de las sociedades capitalistas de diversa índole y diferente grado de desarrollo es la alta tasa de suicidios, aunados a depresión, psicosis, esquizofrenia, megalomanía, trastornos del neurodesarrollo, ansiedad, trastornos ciclotímicos, la distimia (o melancolía), todo tipo de fobias, los comportamientos obsesivos-compulsivos de todo orden, mani-

fiestamente, el estrés, la amplia variedad de síntomas somáticos, las disfunciones sexuales, los trastornos destructivos —como la cleptomanía y la piromanía, por ejemplo—, las adicciones, y muchas más.

Sin pesimismo, social y culturalmente hablando, parecen ser más los impedimentos o los obstáculos para el pensar que las condiciones favorables. En el mismo sentido, parecen ser muchas más las condiciones que favorecen o conducen a un pensamiento concreto antes que al pensamiento abstracto. Sin más, parecen ser inmensamente mayores las condiciones que reducen a la gente a vegetar o ser simplemente objetos, antes que agentes de su propio destino[8].

Uno de los secretos mejor guardados en el mundo actual, independientemente del país de que se trate, es la muy alta tasa de suicidios en todas las edades y condiciones. Peor aún, las altas tasas de suicidio infantil y juvenil. De acuerdo con varias fuentes de información fidedignas, en promedio alrededor del mundo actualmente se suicida una persona cada treinta y cinco segundos. Una auténtica extinción en masa que en cada caso es siempre vista tan solo como un acontecimiento individual o familiar. Vivimos una época enfermiza y necrotizada.

En verdad, el capitalismo vive sobre la base de una creciente generación de suicidios, muertes y desasosiego existencial. Como ha sostenido con acierto Saskia Sassen: el capitalismo corporativo ya no necesita matar a la gente: sencillamente la deja morir[9]. Hoy cabe hablar, legítimamente, de violencia necropolítica. El concepto

---

8. En la Grecia antigua existían dos palabras diferentes para designar a la vida: *zoê y bios*. La primera es esa forma de vida que responde a fuerzas externas y en las que el destino de la existencia no depende, para nada, de cada uno. Por el contrario, la segunda es propiamente ese tipo de vida que implica dignidad, y que se caracteriza por que cada quien toma las riendas del destino por sí mismo, y se hace, así, al cabo, alguien libre (o lo intenta).

9. Saskia Sassen (2014). *Expulsions: Brutality and Complexity in the Global Economy*, Belknap Press.

ha sido desarrollado de manera singular por Achille Mbembe, un importante filósofo camerunés.

Ya en su momento, en un marco diferente, Zygmunt Bauman sostenía con lucidez que la forma de control político sobre la sociedad consiste en el agenciamiento y control del miedo, la incertidumbre y el desasosiego: miedo a la gripa aviar, a la gripa de las vacas locas, al desempleo, a la enfermedad, a la soledad, al sida, al zika, a una guerra termonuclear, en suma, miedo al miedo, por ejemplo. Cada tanto, existe un agenciamiento de miedos estratégicamente orquestados, lo cual raya, casi, con una teoría de la conspiración.

Por otra parte, en un texto ya clásico, Gilles Deleuze y Félix Guattari (1972) escribieron un texto contundente, *El Antiedipo. Capitalismo y esquizofrenia*, en el que logran demostrar que el capitalismo conduce desde sí mismo a la esquizofrenia humana: el más indolente de todos los modos de producción y de las formas de vida y pensamiento. El capitalismo, sostienen los dos filósofos franceses, convierte a los seres humanos en máquinas deseantes. Cada quien no solamente desea las cosas de los demás, sino, peor aún, en últimas, termina deseando el deseo de los demás. La más pura y refinada de las formas de enajenación. El sistema de libre mercado consiste, simple y llanamente, en hacer desear y consumir cosas que realmente la gente no necesita. Saber verdaderamente qué necesitamos, y qué no, es un asunto que, sin ambages, bien conducido, conduce a la sabiduría.

Pues bien, si se combinan los dos elementos mencionados —la idea de Sassen y Bauman, de un lado, y la de Deuleuze y Guattari, de otro—, es evidente que el capitalismo, como sistema político, como sistema social, como doctrina económica o bien como filosofía liberal, y que hoy en día se dice propiamente como capitalismo corporativo, es la mejor expresión del capital: esto es, mercantilización de la vida y la sociedad, desconocimiento e ignorancia de la vida, indiferencia e indolencia ante la existencia humana. El resultado es un galopante pesimismo, estratégicamente producido y agenciado en todos los órdenes de la sociedad. El capitalismo es enemigo de la

vida y, por tanto, reacio y sospechoso al pensar. Su argucia consiste en cooptar cualquier atisbo de pensamiento crítico.

Sin moralizar, los índices de alcoholismo y drogadicción son galopantes y ubicuos en todos los estratos y clases sociales alrededor del mundo. Y los problemas de salud mental son verdaderamente alarmantes. Depresión, insatisfacción con el trabajo, con la familia y con el propio cuerpo; inseguridad e indefensión, fragilidad y el sentido de que "nadie es necesario"; ataques de ira momentáneos y descontrolados y ataques de violencia en muchas expresiones; en fin, la agudización del vacío de la existencia y el aumento de formas de patologías mentales son preocupantes y crecientes.

Dicho de manera puntual, la depresión es una enfermedad crónica y recurrente. Sobreviene en asaltos instantáneos o en períodos largos, y sus desenlaces son esencialmente imprevisibles. En numerosas ocasiones, la depresión desemboca en mutismo selectivo, en trastornos de identidad disociativa, y en numerosas ocasiones conduce al suicidio. Es evidente que, por otra parte, la esquizofrenia tiene causas sociológicas en el cerebro, pero son siempre situaciones existenciales las que gatillan la esquizofrenia, los trastornos obsesivos compulsivos, la ansiedad, el trastorno bipolar, la psicopatía.

El capitalismo es una forma de vida que afecta de manera sistemática y sistémica la autoestima, lo cual en muchas ocasiones se expresa o da lugar a la bulimia y la anorexia. En la escala cotidiana, por ejemplo, todos los odontólogos conocen y han tratado casos severos de bruxismo, lo cual se traduce en estados de nerviosismo, incluso hasta la histeria. No en última instancia hay que mencionar siempre trastornos esquizotípicos, comportamientos histriónicos y narcisistas.

La pobreza y el desempleo, el acoso laboral y las penurias económicas, las deudas y los bajos desempeños estudiantiles o laborales constituyen siempre fenómenos que gatillan el pesimismo. El capitalismo solo sabe de sí mismo: eficiencia, eficacia, crecimiento, rendimientos crecientes, ganancias y consumo. Todo lo demás es simplemente un medio o instrumento para esos fines.

Constituye toda una epopeya superar el pesimismo, alcanzar la paz personal y social, y conocer la alegría, la esperanza y la felicidad. En el mundo de hoy, desde el punto de vista psicológico y emocional, este constituye la más elevada de las metas por alcanzar. La sociología y la antropología enseñan que la existencia puede ser bien llevadera y hasta armónica gracias esencialmente al resorte familiar y social: los familiares, los amigos, los vecinos, la solidaridad, la buena disposición y ayuda —todos los cuales son actos esencialmente gratuitos—. Mientras que el capital es interesado, literalmente, la solidaridad, la amistad y el amor son gratuitos y desinteresados. Sin la menor duda, aquí se encuentran las semillas para superar al capitalismo y derrotarlo. Pero esto supone otras consideraciones de más largo alcance y calibre.

El sistema capitalista es un generador permanente de trastornos de personalidad, y constituye una lucha titánica por parte de individuos y grupos sociales lograr superponerse a dichos trastornos, que son esencialmente disociativos social y emocionalmente hablando.

Vivir para trabajar, definir la vida por el trabajo y trabajar para pagar deudas no es, en absoluto, una forma de existencia gratificante y digna. Y, sin embargo, es el tipo de vida de la mayoría de los seres humanos llevan en el sistema capitalista. El núcleo económico del capitalismo es esa forma de vida: viva hoy y pague mañana, incluso con la incertidumbre y el miedo a no poder pagar hoy o mañana las deudas adquiridas ayer. Con lo cual las gentes terminan enfermándose, literalmente, y en muchas ocasiones muriendo.

Todo lo demás es lo de menos: "exuberancia racional" o "irracional" del modelo económico, la visión de las crisis como oportunidades (*¡horribile dictum!*), capitalismo con rostro humano, objetivos del milenio, y el programa de desarrollo humano sostenible, y demás, por ejemplo.

Recientemente, Naomi Klein ha logrado un fantástico estudio acerca del verdadero rostro del capitalismo: la doctrina shock o, mucho

mejor, el capitalismo del desastre[10]. El capitalismo vive de los desastres naturales y emocionales, de las crisis existencias de gran escala, de las catástrofes y las penurias humanas: y se alimenta a sí mismo, sin ver, en absoluto, víctimas y seres humanos, animales ni plantas.

De esta suerte, capital, mercancía, cosificación se combinan perfectamente en su resultado: indolencia, indiferencia, inequidad, impunidad, desastre. Sin editorializar: el capitalismo solo puede ser superado con enormes dosis de optimismo, alegría, sueños, imaginación y acciones compartidas. El pesimismo no es inevitable.

---

10 N. Klein (2007). *La doctrina shock. El auge del capitalismo del desastre*. Paidós.

10 Motivos y aspectos del pensar

Pensar bien equivale a no pensar lo ya pensado. Dicho de manera amable, en el mejor de los casos esto podría querer decir pensar lo ya pensado de otro modo, perfectamente distinto. No obstante, dicho de forma clara y directa, pensar (bien) equivale a pensar lo impensado. Pensar lo impensado requiere de preparación. Esto es, tanto de educación como de formación.

Pensar lo impensado puede ser comprendido de cuatro maneras distintas pero equivalentes, así:

- *Cisnes negros*: Nassim Nicolas Taleb ha propuesto hace poco la idea de que los cisnes negros consisten en eventos altamente improbables. Así las cosas, pensar lo impensado consiste exactamente en considerar acontecimientos, estructuras, sistemas y fenómenos altamente improbables, y de tal forma que, cuando más improbable, mejor se está pensando. Todo lo contrario, equivale a un pensar trivial y, consiguientemente, a la predominancia de la cultura light.
- *Ver lo no visto:* el pensamiento consiste en un acto de ideación, es decir, una visualización "con los ojos del alma" (para usar la expresión de Platón). Dicho de forma precisa, pensar es una sola y misma cosa que hacer uso de la imaginación. Se trata de un tipo de intuición que permite comprender un fenómeno determinado como una totalidad, como una visión global, más allá de las particularidades. Esta clase de visualizaciones intelectuales siempre alteran o afectan a quienes las tienen.

En otras palabras, pensar es todo lo contrario a un trabajo de construcción con fichas de lego.

- *Ver lo que (aún) no existe*: pensar corresponde a ver cosas diferentes de lo que la mayoría de personas ve y fijarse en cosas distintas de lo habitual y cotidiano. En este sentido, como se ha dicho muchas veces, una condición para el pensar es la curiosidad, el deseo de explorar otras geografías y tiempos, en fin, investigar cosas que no corresponden precisamente a los lugares comunes. Quisiera decirlo de manera franca: pensar, en el sentido primero de la palabra, se encuentra en la antípoda del sentido común y de la opinión.
- *Lo posible, e incluso lo imposible*: mientras que el conocimiento se ocupa de la realidad, lo propio del pensar consiste en volcar la atención sobre posibilidades. Lo real, así, es tan solo un momento de un conjunto más amplio que lo comprende y lo hace posible: la dimensión de lo posible. Más radicalmente, pensar equivale a considerar incluso estructuras, momentos, formas y sistemas que son imposibles, pues lo imposible es una modalidad de la posibilidad. Lo dicho: nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades, e incluso en lo imposible mismo, pues bien puede suceder que lo imposible acaezca, por definición, de forma sorpresiva e imprevista.

De esta suerte, pensar lo impensado es un proceso excepcional; no es para nada común y corriente y acaso ni siquiera algo generalizado. Precisamente por ello es determinante el cuestionamiento acerca de cómo aprender a pensar, y con ello, el reconocimiento de la importancia de la lógica en general y en particular de las lógicas no clásicas. Digamos en preparación a lo que viene más adelante en este

libro: pensar significa pensar de forma no clásica, en todo el sentido de la palabra. El espacio de lo clásico se proyecta desde la noche de los tiempos hasta el presente.

Aprender a pensar es, por tanto, un imperativo al mismo tiempo epistemológico y ético, pues para los seres humanos, en numerosas ocasiones, el pensar (bien) es condición para llevar una vida buena; para saber vivir, en fin. Dicho de manera cauta, cabe decir que no se es inteligente por lo que se sabe o se conoce, sino por lo que se hace con aquello que se sabe o se conoce. Finalmente, cómo se vive con el conocimiento adquirido.

Bajo presiones y estrés de cualquier tipo nadie piensa (bien). Para pensar se requiere de un mínimo de tranquilidad, de una base de confort, en fin, una paz básica, interna y externa. Las turbulencias y las inestabilidades fuertes pueden volver acuciosa la existencia y ser nocivos para la creatividad del pensar. Pero es igualmente cierto que un extremo de bienestar, un exceso de quietud y calma son igualmente perniciosos para un buen pensar.

Perplejidad, confusión, duda, retos y problemas: estos son los motivos de/para el pensar. Estos, sin embargo, no son motivos eminentemente cognitivos o intelectuales. Por el contrario, son experiencias existenciales que se encuentran en el límite. Pensar no es un proceso intelectual o cognitivo, sino, mucho mejor aún, una experiencia que compromete el cuerpo y la existencia entera.

En otras palabras, los motivos del pensar tienen que ver, naturalmente, con el universo, la realidad, la naturaleza y el mundo, pero el pensar procede desde adentro, desde algún lugar recóndito del alma o del cuerpo, dos nombres distintos para una sola y misma experiencia: la existencia.

En este sentido, en contraste con la tradición cartesiana, no es cierto que pensamos y entonces existimos. Por el contrario, mucho mejor aún, existimos en la medida misma en que pensamos y no pensamos por fuera de las experiencias más agudas y profundas del

mundo y la realidad. En otras palabras, el pensar va acompañado de mucha sensibilidad, de una alta sensibilidad. En fin, pensar es una experiencia estética.

Pues bien, las cuatro maneras distintas de pensar lo impensado pueden condensarse en una sola expresión: se trata de pensar los *eventos raros*. Ahora bien, por definición, un evento raro es contra-intuitivo, y no se ubica, en absoluto, en los marcos de la estadística normal. Manifiestamente, no entra en las distribuciones normales, y habitualmente usurpa la memoria puesto que su carácter súbito e irrepetible hace que no se adecue a los patrones, modos y contenidos de la memoria humana.

Los eventos raros son imprevistos, rompen los moldes y patrones habituales, y rompen la cotidianidad en cualquier acepción de la palabra. En otras palabras, los acontecimientos extremos no se explican tanto en función de la necesidad, sino de quiebres, rupturas, discontinuidades y tiempos y espacios discretos. De manera exacta, pensar en eventos raros equivale a pensar en sistemas discretos, y en absoluto en sistemas continuos. Se produce aquí una inflexión determinante con respecto a la cultura tradicional.

Hay fenómenos que no encajan en los marcos de lo-ya-visto y lo ya conocido. Ni siquiera en los de lo ya pensado o imaginado. Literalmente, estos son los acontecimientos que dan qué pensar.

Naturalmente, un evento raro no tiene por qué ser negativo. Existen numerosos eventos raros que son magníficamente sorpresivos por lo positivos o favorables que resultan en un momento determinado. En verdad, la historia del mundo, y acaso del universo mismo, está definido por numerosos eventos raros, esto es, excepcionales, y por tanto irrepetibles.

Así, por ejemplo, la vida, tal y como la conocemos surgió una sola vez en el universo y no ha vuelto a repetirse, hasta donde disponemos de información. Asimismo, el paso de una civilización a la siguiente ha sido un acontecimiento único e irrepetible. Una sola vez nació el método científico, y una sola vez han sucedido revoluciones

como la francesa de 1789, la rusa de 1917 o la cubana de 1959, por ejemplo. Jamás volverán a repetirse revoluciones como estas en la historia de la humanidad.

De la misma manera, una sola vez hubo un compositor como Johann Sebastian Bach, no volverá a haber una segunda Marie Curie, ni volverán a ocurrir las atrocidades de la Segunda Guerra Mundial. A nivel individual, asimismo, cada quien ha conocido los avatares propios de hechos que han sido únicos, y su vida no sería jamás la misma si no hubiera tenido esas experiencias. Becas, viajes, amores, sufrimientos y tantas otras experiencias, únicas y excepcionales, hacen de la biografía de cada quien un acontecimiento irrepetible.

Consiguientemente, los acontecimientos raros tienen la característica de que, epistemológica o cognitivamente, admiten una pluralidad de perspectivas e interpretaciones y no terminan de ser narrados de una única manera. Este rasgo se encuentra en las antípodas de los fenómenos normales y regulares, sujetos a leyes y constantes, los cuales son susceptibles de una diversidad bastante más restringida de lectura y explicación. De manera sencilla: cuanto menor sea la probabilidad de que un evento ocurra nuevamente, tanto mayor será la probabilidad de que sea considerado como raro. En este sentido, un evento raro gatilla la complejidad del mundo y la naturaleza por cuanto sienta las bases para diferentes visiones y significados del mundo, la realidad y la sociedad.

De forma reciente, los acontecimientos extremos han sido llamados por un autor como cisnes negros (Taleb, 2008). Pues bien, desde este punto de vista, puede decirse que toda la historia y la cultura, la ciencia y la filosofía tradicionales han consistido de forma genérica en buscar cisnes blancos. La razón es elemental: solo existen cisnes blancos, y buscar cisnes de otros colores se revela, a la luz de esa perspectiva, como algo irracional.

En contraste, queremos sostener la idea de que la innovación, el descubrimiento científico, el pensamiento creativo consisten justamente en tematizar y descubrir cisnes negros; esto es, acontecimientos altamente improbables. Incluso, al límite, se trata de acontecimientos

perfectamente aleatorios. Aquí la historia de la ciencia presenta argumentos contundentes. En efecto, como lo ilustra la historia y la filosofía de la ciencia, ningún investigador ha descubierto nada en la línea de investigación en la que venía trabajando. Por el contrario, los descubrimientos científicos y tecnológicos, por ejemplo, siempre han tenido lugar: a) en las proximidades en las que venía trabajando un investigador y b) por casualidad. Los ejemplos en ámbitos como la química y la ingeniería, la física y las matemáticas, la genética o la historia de las técnicas es prolífica al respecto. Como bien lo sostuviera Heráclito: "Si no se espera lo inesperado, no se lo hallará, dado lo inhallable y difícil de acceder que es" (729; 22 B 18).

11 Lógica, lógicas y pensar

Pensar en términos lógicos significa pensar en términos abstractos. En este sentido, la lógica conforma un conjunto singular junto con la filosofía, las matemáticas, la física teórica, la química pura y la música. La lógica comienza con el lenguaje, pero desborda con mucho los ámbitos del lenguaje. Más exactamente, la lógica tiene una dúplice relación con el pensamiento abstracto así: de un lado, la lógica tiene una doble implicación con la filosofía; esto es, la lógica remite a la filosofía, tanto como esta conduce a la lógica. De la misma forma, de otra parte, la lógica implica a las matemáticas y, asimismo, las matemáticas conducen a la lógica, en un camino de reciprocidad[11].

De manera genérica, la lógica es una teoría de las relaciones de consecuencia. Desde luego que existen numerosas relaciones (en el lenguaje, en el pensamiento, entre las cosas, etc.). Sin embargo, de lejos, la más importante es la relación de consecuencia del tipo:

$$A \longrightarrow B$$

En la que lo que se estudia no solamente si B se sigue de A, por ejemplo, o si A implica a B, sino, mucho mejor, si B se sigue necesaria, contingente, probabilística, posiblemente de A. De la misma forma, se trata de si A implica probabilística, hipotética, necesariamente a B. En ciencia y en filosofía, en la cultura y en la vida, las relaciones más importantes son las de consecuencia. Y ese es todo el

11. Debería decir que por su parte existe igualmente una implicación recíproca entre la filosofía y las matemáticas, pero esta, sin embargo, no es el foco de este trabajo.

fundamento de la lógica. De manera precisa, se trata de establecer si existen y cómo son inferencias válidas y cuál es su verdad (con todo y el reconocimiento de que existen diversos tipos de inferencia).

Podemos distinguir dos clases de lógicas fundamentales: la lógica formal clásica (LFC) y las lógicas no clásicas (LNC). Es cierto que en el mercado y en la bibliografía se encuentran igualmente otras "lógicas", tales como la lógica lateral, o la lógica dialéctica o incluso la dialógica. En rigor, estas no son ciencia en modo alguno, y se trata solo del uso inadecuado de la expresión "lógica".

Mientras que la LFC, igualmente conocida como la lógica simbólica o la lógica matemática, es formal o también vacía, las LNC poseen contenido. Aquella estudia máximo la validez de las proposiciones, o mejor aún, la validez en la construcción argumentativa de las proposiciones. Estas otras, por el contrario, apuntan a la verdad de las cosas del mundo, de los fenómenos y procesos del mundo, en suma de las experiencias mismas del mundo y de la vida. En fin, las LNC son igualmente llamadas como lógicas no estándar o también como lógicas filosóficas. Se denomina en general lógicas filosóficas debido a que se ocupan de los problemas propiamente filosóficos que la LFC descarta.

La LFC es una lógica bivalente, puesto que solo se ocupa de dos valores: verdad y falsedad, y ello independientemente de si adopta incluso una comprensión o lectura inferencialista, formalista, meta-matemática o computacional (en el sentido de algorítimica) de la lógica (formal clásica). Ahora bien, en honor a la verdad, a nadie, en ningún contexto, le interesa realmente la falsedad. Esta solo sirve, si cabe la expresión, como control para el único interés de la lógica formal clásica: la verdad. En contraste, las LNC saben en general de múltiples sistemas de verdad (tal es el caso, notablemente, de las lógicas polivalentes). O también, para decirlo en otros términos, saben de gradientes y modalidades de "verdad" —lo que para efectos prácticos es equivalente—. De manera puntual, gracias a las LNC, las verdades lógicas son verdades sobre cualquier cosa en general —esto quiere decir, verdades sobre las cosas del mundo—. El mun-

do admite y exige a la vez múltiples sistemas de verdad. Como se aprecia, existe una verdadera carga de profundidad en las LNC. Sin duda, esta es la primera razón por la que en general no se las enseña o se las estudia. Existe, hasta la fecha, un cierto halo de silencio en torno a las LNC.

Podemos decir, que la lógica en general consiste en el estudio y establecimiento de conjuntos de verdades lógicas. Estas verdades lógicas no son en absoluto ajenas a las consecuencias lógicas. Más ampliamente, la lógica establece verdades acerca del mundo real y, además, y particularmente, sobre mundos posibles. Mundos que no se encuentran aún aquí, pero podrían llegar a tener lugar. Un asunto del máximo interés práctico y teórico. Este constituye el primero de los nexos que vincula directamente las LNC con las ciencias de la complejidad.

De forma general, construimos el mundo con base en la lógica de predicados o la lógica proposicional. Esto es, construimos el mundo hablando de "cosas": de la mujer que está al frente, del esfero que tenemos en la mano, de los amigos que tenemos y hemos tenido, de la casa en que habitamos, y así sucesivamente. Sin embargo, cuando existe reflexión, hablamos ya no sola y principalmente de cosas, sino además de relaciones entre las cosas. Pues bien, hablar de cosas es lo que se denomina lógica de primer orden. Por su parte, hablar de relaciones de o entre cosas puede ser adecuadamente llamado como lógica de segundo orden.

En un desarrollo posterior, es posible que hablemos incluso de relaciones de relaciones, o acaso también de tipos y clases de fenómenos y de relaciones entre estas clases o tipos. Esto puede denominarse como lógica de tercer orden. En fin, de un modo general, existe lógica de primer orden, y lógicas de orden superior. Como se aprecia, asistimos así a una descripción acerca de la anatomía o la arquitectura del pensamiento abstracto.

Como hemos dicho, pensamos con la lógica, pero es igualmente cierto que pensamos también con diversas clases de lógicas. Lógicas que atienden a problemas de tiempo, o lógicas que se enfocan en

las singularidades de los sujetos que conocen o que experiencian el mundo, o también lógicas que se concentran en las relaciones entre el universo macroscópico y el universo microscópico, por ejemplo.

La lógica en general consiste en tres aspectos (el orden no importa): una teoría de las demostraciones, una teoría de modelos y en el conjunto de problemas relativos a la computación. En la tabla 1 se presenta esta triple característica de la lógica:

Tabla 1. ¿Qué es la lógica? Tres características constitutivas

Teoría de las demostraciones	Inferencia válida (implicaciones)
Teoría de modelos	Definabilidad del lenguaje y su poder expresivo
Teoría de la recursividad	Computación

Fuente: Elaboración del autor.

Teoría de las demostraciones: la lógica, en tanto consiste en el estudio de las consecuencias, es una teoría de las demostraciones. En otras palabras, es perfectamente posible demostrar teorías, hipótesis, conjeturas, verdades o falsedades sin necesidad de remitirse a los métodos de la física; por ejemplo, observando los fenómenos, o bien sometiéndolos a confirmación, contrastación o verificación, o acaso intentando falsearlos. Basta con que un conjunto de enunciados o de proposiciones esté bien (o mal) construido para establecer su validez (o no). Técnicamente, en lógica se habla entonces de proposiciones bien construidas (*wff*, en inglés: *well-formulated formulas*: fórmulas bien formuladas); esto es, bien formuladas sintáctica, o semántica, o conceptual, o incluso contextualmente.

En este sentido, la lógica estudia, por ejemplo, la consistencia sintáctica, o bien la robustez semántica, o bien el uso de conceptos, o acaso, igualmente, la construcción de conclusiones para demostrar que algo es efectivamente *x* o *y*. La lógica suministra así grados de libertad frente al modelo físico o fisicalista de las ciencias y de las construcciones de verdad, que son, en la cultura, ampliamente predominantes. Ello se debe justamente al desconocimiento generalizado de la población, de tomadores de decisión, de académicos o científicos, por ejemplo, acerca de la lógica en general.

Teoría de modelos: un modelo es en general la interpretación de un fenómeno o de un conjunto de fenómenos. El santo grial de la ciencia en general es el problema de las interpretaciones, de los datos, de los hechos, de las observaciones, de los fenómenos. Pues bien, los modelos se definen a partir de la capacidad expresiva del lenguaje. Un lenguaje se dice que es más expresivo que otro, si permite una mayor y mejor comprensión de un fenómeno con una mayor economía del lenguaje. En esto exactamente consiste la definibilidad de un lenguaje, y ello aplica para los lenguajes naturales tanto como para los lenguajes artificiales; es decir, para las matemáticas, la programación, la lógica, o bien para el lenguaje natural que usamos todos los días en diferentes contextos.

La buena ciencia, esto es, por ejemplo, las buenas comprensiones y explicaciones de los acontecimientos, consiste en la elaboración de modelos. Ejemplos de modelos son: un modelo jurídico, un modelo económico, un modelo político y así sucesivamente. Ahora bien, es claro que existen diferentes modelos sobre un mismo sistema o conjunto de fenómenos. Así, por ejemplo, existe un modelo M_1 sobre la sociedad, un modelo M_2 también sobre comportamientos sociales, y demás. La lógica permite comprender que siempre será preferible aquel modelo que lleve a cabo una mejor comprensión del fenómeno de que se trata con una economía mayor de términos.

Una tipología de modelos permite comprender que estos consisten en una gama de cinco tipos, así:

- Modelos teóricos o conceptuales
- Modelo lógico
- Modelo matemático
- Modelo informacional
- Modelo computacional

De manera más puntual, un excelente trabajo de investigación incorpora, con absoluta seguridad, un modelo teórico o conceptual. Por descarte o tradición este queda ya asumido desde siempre. Pues bien, una excelente investigación debería poder incluir por lo menos uno de los modelos subsiguientes. Es evidente que un modelo lógico es diferente a uno matemático debido a las distinciones ya suficientemente establecidas por parte de la filosofía de la ciencia entre lógica y matemática. Por su parte, la diferencia entre un modelo informacional y uno computacional estriba en que en el primer caso se hace uso de un lenguaje de programación ya existente; por su parte, en el segundo caso, el investigador es capaz de crear o escribir código, desde cero (*from scratch*).

Teoría de la recursividad (o de la recursión): en las ciencias de la computación la recursión hace referencia a la forma de identificar y resolver problemas. De manera precisa, se trata de la idea de que la solución a un problema x depende de otras pequeñas, graduales e hilvanadas soluciones —por ejemplo, llamadas aquí caprichosamente x1, x2, x3…—. Esto se denomina funciones recursivas. En otras palabras, es posible decir que mediante un programa recursivo finito es posible abarcar una serie de procesos, comportamientos y problemas infinitos. Esta idea base de la computación constituye uno de los niveles constitutivos de la lógica.

En otras palabras, la lógica concierne a todos los problemas computacionales. A fin de entender esta idea baste con decir que computar consiste, simple y llanamente, en transformar una cosa en otra. La biología es adecuada para traducir esta idea: computar es

análogo a metabolizar. La computación se basa ampliamente en la idea de la máquina de Turing (MT), pero es igualmente cierto que otras máquinas son posibles, redefinen la computación, y la lógica en general está presente en ellas. Digámoslo de manera directa: son las LNC las que propiamente competen a los problemas de computación. O bien, si hay un área en la que manifiestamente se vea una ventaja de las LNC con respecto a la LFC, es la computación.

Gracias a esta triple comprensión acerca de lo que es en general la lógica, es posible un reconocimiento adicional. La lógica en general es el terreno propicio en el que nacen y se dirimen las teorías; esto es, una teoría científica. Ciertamente en cruce con un capítulo técnico que se denomina meta-teoría y con la filosofía de la ciencia y la metodología de la investigación científica, la lógica es el lugar en el que nacen y se calibran las teorías como tales. Como es sabido, una buena comprensión del mundo y de la realidad es una sola y misma cosa con una buena teoría sobre la realidad y el mundo. Como se entiende sin dificultad, la lógica —y notablemente las LNC— contiene y apunta a la vez a establecer (la) verdad del universo y de la naturaleza, y no simplemente la validez de las proposiciones que se refieren a ellos. Verdad es concomitante con teoría, de suerte que pensar acerca de una teoría de un sistema determinado no es diferente a pensar en términos lógicos.

Un investigador —léase pensador— normal se ocupa de cosas, de fenómenos, de dinámicas. Pero un investigador excelente le apunta, además, a dos cosas: a la elaboración de un modelo, y, en una escala aún más elevada —o en sentido contrario, más profunda—, se da al desarrollo de una teoría. Esto quiere decir, un pensador no simplemente se ocupa de teorías, sino, es capaz, ulteriormente, de crear una nueva teoría. La historia de las teorías es, sin más, la historia del espíritu humano.

Naturalmente, esta idea solo tiene un valor deíctico, o bien, en el mejor de los casos, exhortativo, desiderativo. En la esfera del pensar o de la investigación, tocar, no toca nada ("*müssen, muss man*

nichts" en una paráfrasis crítica de la idea normativa de Kant en su ética). Encontramos aquí, por así decirlo, una de las más excelsas cunas de la libertad, la independencia.

Sintetizando, a partir de la tabla 2, es posible decir que la lógica en general tiene como finalidad definir las relaciones de consecuencia entre un conjunto de fórmulas —digamos F— y una fórmula individual —digamos I—. Este estudio sobre la consecuencia puede llevarse a cabo desde dos puntos de vista, así: desde el punto de vista de una teoría de las demostraciones, se trata de determinar que I es una consecuencia de F cuando existe una deducción de I a partir de F. Y de otra parte, desde el punto de vista de un modelo teórico, el objetivo consiste en establecer si I es una consecuencia de F cuando I se sostiene en cualquier modelo que satisfaga a cada fórmula de F.

12 Lógica y computación. Razonamiento, cálculo y programación

Es una característica cultural del mundo actual la fuerte imbricación del conocimiento y cruces y refuerzos, positivos y negativos, entre distintos campos del conocimiento que antiguamente permanecían aislados. A propósito de la lógica y del pensar, es notable la implicación recíproca existente hoy por hoy entre las matemáticas y la computación, entre la lógica y la filosofía, entre la programación y la lingüística, y, con ellas, la psicología, las ciencias del comportamiento y las neurociencias, y finalmente entre todas ellas. La primera consecuencia que cabe destacar es que la cultura actual permite un tipo de pensar perfectamente distinto al análisis. Debemos poder y podemos aprender a pensar en términos de síntesis.

Las relaciones entre lógica y computación se derivan de aspectos tales como la lógica de la programación, el desarrollo de sistemas basados en conocimiento, razonamiento no monotónico, sistemas de aprendizaje y de conocimiento, las relaciones entre lenguaje natural y lenguaje artificial, los temas y problemas relativos a la memoria y el trabajo con (grandes) bases de datos, principalmente, entre otros.

Computar tiene de análogo con pensar en que ambos consisten en resolver problemas. Ahora bien, una manera de innovar es resolviendo problemas. Pero la mejor manera de resolver problemas es innovando. Pues bien, cuando tenemos un problema son posibles tres opciones:

i. Plantear y resolver una ecuación.
ii. Llevar a cabo un cálculo.
iii. Elaborar un razonamiento.

En el primer caso, habitualmente se recurre a lo mejor del conocimiento disponible, y si aun así no se puede resolver el problema, entonces se crean nuevas matemáticas, o nuevos algoritmos, o nuevas aproximaciones y lenguajes. Es esto lo que se quiere decir con la expresión: plantear y resolver una ecuación.

En el segundo caso, el énfasis se concentra en el desarrollo de algoritmos, ingeniería de *software* y/o de *hardware*, métodos de programación y, en fin, reflexiones teóricas fundamentales en torno a los más importantes y sensibles temas relativos a la computación. El cálculo consiste esencialmente en el trabajo con algoritmos, con todo y el reconocimiento de que son posibles algoritmos clásicos y no clásicos; en este último caso, se trata por ejemplo algoritmos que aprendan por sí mismos, programas de computación que diseñan otros programas. El cálculo es, históricamente, el triunfo de la computación *avant la lettre*.

Finalmente, en el tercer caso, el tema hace referencia precisamente al pensar, a la elaboración de razonamientos, esto es, a imaginar posibilidades y darnos a la tarea de crear nuevos mundos, opciones y horizontes nunca antes vistos. En una palabra: pensar.

En cualquiera de los tres casos, la lógica en general constituye y atraviesa medularmente a los tres modos de resolver problemas. Dicho de forma resumida, asistimos así a la combinación, de un lado, de conjeturas, teoremas, demostraciones, visualización de posibilidades, y, de otra parte, al trabajo formal con algoritmos, es decir, procedimientos formales deductivos, paso a paso.

Nadie piensa sin la naturaleza, o de espaldas a esta. Pues bien, la expresión cultural de la naturaleza son las técnicas y la tecnología. Cabe decir entonces, razonablemente, que nadie piensa sin la tecnología disponible en cada momento. En otras palabras, el pensar no es un simple asunto de ideas, conceptos, categorías y juicios, por ejemplo, sino además y fundamentalmente de experiencia, de convivencia, de interrelación, y de los medios o instrumentos disponibles en cada época o lugar.

La mejor expresión de la tecnología en nuestros días es la computación —también el computador—. El desarrollo de la computación es, originariamente, el resultado entre lógica y matemáticas, pero a ellas se suman muy pronto la microelectrónica y otras áreas afines. Pues bien, sobre la base del *hardware* (herramientas físicas), la computación es esencialmente *software* (programación o herramientas digitales); esto es, lógica (para el caso, el trabajo con lenguajes binarios, los más universales posibles, a la fecha).

Los temas y problemas atinentes a programación tienen una piedra de toque determinante: se trata de la importancia del tiempo, y entonces se habla, técnicamente, de tiempo polinomial y de tiempo no polinomial, esto es, de tiempos medibles en técnicas como los cronogramas, organigramas, cladogramas, histogramas y otros, en los tiempos más breves para resolver un problema e incluso de tiempos que transcurren en escalas aceleradas, micrométricas, que poco tienen que ver con la vida cotidiana en el sentido usual de la palabra.

Filosóficamente, el panorama es apasionante. Por primera vez en la historia, matemáticos y científicos de la computación, filósofos y lógicos, tienen como objeto de trabajo el razonamiento mismo, por ejemplo, según si es algorítmico o no, según si es decidible o indecidible, etc. Esta circunstancia es una muestra de la vitalidad de las investigaciones actuales acerca del pensar. Vivimos una época de optimismo en el conocimiento, una época que expresa una enorme pasión por entender la naturaleza, el sentido, y las posibilidades del pensar. La expresión abstracta de esta pasión se denomina ciencia y tecnología, filosofía, humanidades y artes, en investigación y en la academia.

Digámoslo de forma franca: el cálculo y el razonamiento son perfectamente distintos. Si bien alguien podría argumentar que son complementarios, lo cierto es que consisten en estrategias opuestas frente a las perplejidades, el enigma, los problemas, los retos, los juegos y los desafíos. A través de ambas formas se define el destino del pensar. Lo que está en juego a través de esta idea de base es el problema mismo de la demostración, así: demostración de la

existencia de objetos, demostración del rigor o validez de razonamientos, en fin, demostración de verdad o falsedad y demás de una proposición o conjunto de proposiciones. Lo dicho, la lógica en general es ciencia de demostraciones, y ello contribuye enormemente a tomar distancia de toda la historia de la ciencia clásica, la cual ha sido eminentemente fisicalista. La interfaz entre lógica, computación, matemáticas y filosofía constituye a todas luces un progreso en la historia del conocimiento.

Pero las relaciones entre pensar y cálculo no se quedan allí. Ulteriormente, el cálculo ha dado lugar a la programación. La forma como nuestra época "piensa" es a través de la programación —de lenguajes de programación—. Esta circunstancia se ve profundamente radicalizada a partir del reconocimiento fáctico de que vivimos una época rica, inmensamente rica, en información. Se han elaborado grandes bases de datos en todos los órdenes y niveles de la vida y el mundo. Nadie sabe exactamente quién controla o a quién pertenecen esas bases de datos. Muchas son públicas y de libre acceso. El acceso ciudadano a la información es hoy por hoy la más sensible de todas las tareas en ciencia y política, y ambas terminan confluyendo y confundiéndose. Pensamos con grandes bases de datos y a partir de grandes bases de datos, de modo que estas nos ayudan a pensar —mejor—. Una circunstancia que jamás se había presentado, como tal, en la historia de la familia humana. No digo que pensamos gracias a las bases de datos[12]. Es que pensar supone un nutriente, y el mejor y más idóneo es la información, los datos. Se produce así quizás la más grande inflexión en la historia del conocimiento, totalmente inopinada si se la mira con los ojos del pasado.

Ahora bien, un problema aparte es la verificación de las demostraciones. Este es el tema de otro texto aparte. Digamos aquí

---

[12] Cfr. Maldonado, C. E., Sociedad de la información, políticas de información y resistencias. Complejidad, internet, la red Eschelon, la ciencia de la información, Bogotá: Ed. Desde Abajo, 2019.

sencillamente que ese proceso de verificación de las demostraciones coincide con la historia misma del conocimiento, que es la historia del espíritu humano. Una historia que no es, en absoluto, lineal ni secuencial. Nos encontramos en un momento apasionante de esta, en la que existe mucho pensamiento, gran vitalidad de argumentos y debates y, en fin, una productividad enorme en la academia y la investigación. Volveremos en la segunda parte sobre el problema de las demostraciones, gracias al corpus de las LNC.

13 El panorama de las LNC

Hoy, por primera vez en la historia de la humanidad, es posible decir sin ambages que existen y son posibles varias formas de pensar; y por consiguiente diversas formas de vivir. La idea de una canónica del pensamiento —y de la vida— estalla en mil pedazos. El *motto* de esta idea es que hemos accedido, en buena, en muy buena ciencia, a la idea de un pluralismo lógico. Este pluralismo lógico es la pluralidad de las LNC[13]. Esta es una historia que recién comienza, aproximadamente a mediados del siglo XX, y que se proyecta hasta la fecha. Nos encontramos de pie ante/en una de las más excelsas fronteras del conocimiento (de punta, por tanto).

No es absolutamente necesario comenzar el estudio de la lógica por la lógica formal clásica, y de hecho la lógica formal clásica es altamente limitada con respecto a la posibilidad de aprender a pensar. Ahora bien, con seguridad la mejor manera de introducir a las LNC es mediante la distinción entre lógicas monotónicas y lógicas no monotónicas. Las primeras son aquellas en las que nueva información no invalida información previamente adquirida. Por el contrario, las lógicas no monotónicas son aquellas en las que nueva información invalida información previamente adquirida. El mejor ejemplo de una lógica monotónica es justamente la lógica formal clásica (LFC). Esta es una lógica que no sabe de tiempo, no sabe de historia, no sabe de aprendizaje, en fin, no sabe de cambios en el mundo. Y la verdad es que, en el mundo —particularmente hoy,

13. Para una crítica de la idea del pluralismo lógico, véase: M. Bremer, "Restall and Beall On Logical Pluralism: A Critique", en: *Erkenntnis* 79 (Suppl 2): 293. https://doi.org/10.1007/s10670-013-9478-8.

y cada vez más—, el conocimiento es no monotónico. De aquí su complejidad.

Como se observa sin dificultad, lo que se encuentra en el centro de la mirada es justamente la posibilidad de aprender. El aprendizaje significa que información previa puede revalidada, cuestionada y en algún momento dejada de lado frente a nueva información. Los sistemas vivos, adaptativos —esto es, selectivamente triunfantes— son simple y llanamente aquellos que, de alguna manera, han logrado aprender (cosas nuevas; un pleonasmo).

Las LNC son alternativas, en su gran mayoría, a la LFC, pero hay unas cuantas que pueden ser consideradas como extensiones de la LFC —notablemente, la lógica modal y la lógica condicional—. La figura 3 ofrece un panorama general de las LNC; es preciso decir que suministra una idea general de las LNC, pero que no todas las LNC están incluidas en él. En el decurso de la segunda parte de este libro sí obtendremos un cuadro completo de las LNC.

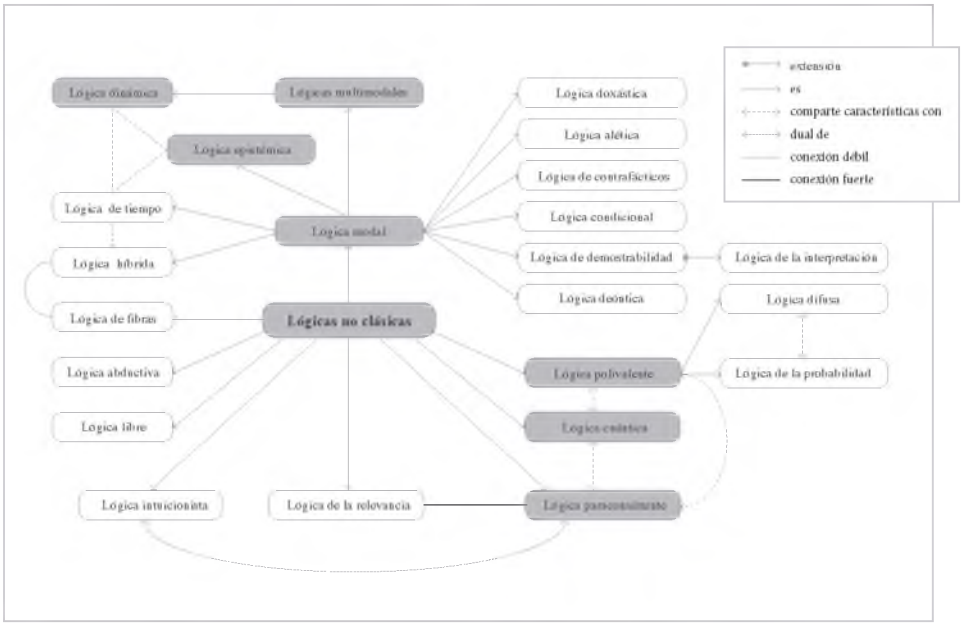


Figura 3. Panorama de las lógicas no clásicas

Fuente: elaboración del autor.

El panorama de las lógicas no clásicas (LNC) es amplio y en constante desarrollo. Se trata de una historia que, *grosso modo*, nace hace alrededor de cincuenta años y conoce a la fecha nuevos y apasionantes desarrollos. Este gráfico presenta una buena idea del mundo de las lógicas no clásicas, pero no pretende ser exhaustivo.

Al interior de este panorama de las LNC existen numerosas conexiones, directas, indirectas, fuertes, débiles y otras entre diversas lógicas no clásicas. En la misma medida en que se trata de una historia en proceso, nuevas conexiones y derivaciones van apareciendo. Como quiera que sea, parecen existir algunos clusters más importantes, significativos o de impacto en las ciencias en general. En síntesis, la idea de base es que existen numerosas maneras de pensar y de hacer, en el sentido más fuerte y prestante de la palabra, buena ciencia, arte y cultura. Este pluralismo lógico constituye un signo distintivo de la complejidad de las lógicas. Este es el segundo enlace fuerte entre las LNC y las ciencias de la complejidad.

El objetivo de la primera parte de este libro no es el de presentar y discutir las LNC, sino el de lograr una introducción a la lógica en general, y, con ella, al pensar. Por esta razón omitiré aquí una caracterización puntual de cada una de las LNC, así como de las relaciones entre algunas de ellas. Este es el objetivo de la segunda parte, más adelante. Más bien, opto por presentar el significado mismo de las LNC y el modo en que ellas contribuyen a pensar, en el mejor y más preciso de los sentidos. Remito a la bibliografía al final para profundizar en las LNC.

Son varias las ideas en las que sí es posible reunir el conjunto amplio y en despliegue de las LNC. El primero y más evidente es que existe un pluralismo lógico. Esto quiere decir, un pluralismo de

formas de pensar y de vivir. Ahora bien, si se tiene en cuenta que las LNC son lógica de cualquier cosa y no solamente de la construcción formal de proposiciones y silogismos, entonces es posible comprender inmediatamente que, gracias a estas lógicas, existe y es posible más de un sistema de verdad —con todas las consecuencias e implicaciones que esto acarrea—. En otras palabras, no existe una verdad única en lógica, si bien jamás debe extenderse esta idea en sentido relativista como si cualquier verdad diera lo mismo. Que existe más de una verdad sobre el mundo y las cosas pone de manifiesto que el mundo es un asunto complejo, y su complejidad consiste en una multiplicidad de visiones y significados. Dicho en términos geográficos o topográficos, el mundo no tiene un solo centro, sino que vivimos en un mundo con múltiples centros (así, la idea de centro-periferia resulta, por decir lo menos, vetusta).

De otra parte, aun cuando suena un poco técnico, es posible decir con propiedad que la semántica de la LFC es la semántica del mundo real. Es decir, la LFC solo sirve para referirnos al mundo real, lo que, expresado en términos de lingüística, consiste en que el mundo se agota en el modo del indicativo. En otras palabras, los límites del mundo real son exactamente los límites de la LFC, y al revés. Por el contrario, la semántica de las LNC es la de mundos posibles. Esto quiere decir que con la ayuda de las LNC en general es posible entender que lo más apasionante y significativo que podemos decir acerca del mundo no es simplemente que existe, sino que contiene y admite posibilidades y que los sujetos humanos pueden cumplir estas posibilidades. La traducción al ámbito de la lingüística de mundos posibles hace referencia, por ejemplo, al modo del condicional o al modo del subjuntivo. Frente al mundo real, se trata de consideraciones, a todas luces, subversivas como, por ejemplo, "Y si…" (*what if…?*). (En el lenguaje de la filosofía esto se conoce como el trabajo con modalidades: *als ob*, como se dice en alemán, *como si* [x o y fuera el caso, aunque (aún) no lo sea]).

En otros términos, lo mejor que podemos decir acerca de la vida no es simple y llanamente que existe, sino que se define esen-

cialmente en torno a un sinnúmero de posibilidades y lo más grandioso que le puede suceder a la realidad es que se abra hacia otros horizontes, otros niveles, otras escalas y modos de ser. Al fin y al cabo, la lógica de la vida es la lógica de posibilidades y, en el lenguaje de las ciencias de la complejidad, esto se conoce como espacios de fase, algo que traducido al lenguaje de las matemáticas se denomina originariamente como espacios de Hilbert.

La tabla 2 elabora una sinopsis acerca del presente, el pasado y el futuro del conocimiento.

Tabla 2. Presente, pasado y futuro de la ciencia y el pensamiento

Pasado	**Presente**	**Futuro**
Ciencia	Interdisciplinariedad y transdisciplinariedad	Complejidad
Objetos	Áreas, campos	Problemas

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 2. Esta tabla quiere significar la tendencia general del pasado, cuando la ciencia se caracterizaba porque tenía objetos, conduce al presente, y desde este al futuro (que ya se encuentra entre nosotros). Como se aprecia, la ciencia de punta hoy no tiene objetos, ni campos, ni áreas de trabajo. Por el contrario, mucho mejor, la ciencia en general —esto es, los científicos que trabajan en ciencia de frontera— se caracteriza porque tiene *problemas*; es decir, problemas de investigación —ulteriormente, *problemas de frontera*—.

Concomitantemente, la tabla quiere indicar el proceso mediante el cual se hace la transición de un modo específico de pensamiento: el análisis, que ha dominado ampliamente la historia de Occidente, hasta llegar al presente cuando estamos comenzando a pensar, adicional y más radicalmente, en términos de síntesis. Pues bien, el clásico dilema de las relaciones entre sujeto y objeto no es otra cosa que el resultado de aquella tradición que concibe al conocer y al pensar tan solo como análisis. Una vez que aprendemos a pensar en términos de síntesis, el dilema sujeto-objeto desaparece. Antes bien, el sujeto y el objeto son contemporáneos —en el orden del conocimiento—, y la historia del uno es paralela y simultáneamente la historia del otro. Dejan de existir, como tales, sujeto y objeto.

Como consecuencia, en virtud de las LNC no existe ya una canónica del pensamiento como sí sucedía en el marco de la historia de la LFC y de toda la cultura tradicional. Ya nadie está obligado a pensar de una única forma, y, por el contrario, puede adoptar, con argumentos y fundadamente, otras perspectivas. La libertad del pensar consiste exactamente en el riesgo mismo del pensar.

Además, las LNC permiten comprender que son posibles varios mundos y no uno solo. Cultural, social y políticamente esta idea se torna altamente sugestiva. La gramática permite la comprensión más elemental de esta idea. Vale recabar en esta propuesta.

En efecto, en gramática general y en los modos de los verbos en particular podemos distinguir, de un lado, el modo del indicativo. Este es el modo dominante en la LFC. Existencialmente, es el modo en el que vive la inmensa mayoría de la gente. Si es verdad que en el modo del indicativo —que se refiere siempre a lo dado, a lo que está-ahí, a la mano— existe, por ejemplo, el futuro simple, la gente normalmente, en cualquier idioma, usa el presente en sentido de futuro: "mañana te llamo" o "la próxima semana comemos". Podemos decir que el modo del indicativo es autoreferencial. Más exactamente, el mundo del modo del indicativo es un mundo deíctico: ese que está allá "a la mano" (*zuhanden sein*), si se quiere. Dicho en el lenguaje gramatical, en todos los idiomas indoeuropeos, los verbos tienden a ser débiles, y cada vez hay menos verbos fuertes. Como es sabido, en español, son los verbos de la primera conjugación: *-ar*. Esto puede extenderse, sin ninguna dificultad, al francés, al alemán, etc.

No obstante, otros mundos son posibles, por ejemplo, gramaticalmente, si se tienen en cuenta otros modos distintos al modo del indicativo. Por ejemplo, el modo subjuntivo, el optativo, el potencial y el condicional. El condicional introduce condiciones de posibilidad de otros mundos: "Si x, entonces y". Pero la simple posibilidad de que y pueda tener lugar ya desplaza con mucho la única posibilidad de que solo exista el mundo del modo del indicativo. De la misma manera, el modo del subjuntivo considera la eventualidad de que tenga lugar otra circunstancia, otro comportamiento u otro sistema. "Si x fuera…", o bien: "Si y tuviese…", y así sucesivamente. Otros mundos son posibles, y más allá de los modos indicativos, la idea de base es que las LNC permiten opciones y alternativas que eran inimaginables en el modo del indicativo, no obstante, los tiempos que existen al interior suyo. Ganar en grados de libertad —con seguridad el más importante de todos los temas en ciencias de la com-

plejidad— consiste en un distanciamiento del modo del indicativo, y en una asunción cada vez mayor de los otros modos (de pensar y de vivir).

La idea de una pluralidad de lógicas —alternativas a la LFC— significa, concomitantemente, que no existe y no es posible ya un centro único y determinante del mundo —por ejemplo un centro epistemológico— y que, por el contrario, el mundo y la realidad están definidos por una pluralidad de centros, ejes o, dicho técnicamente, sistemas deductivos. Las LNC son, en todo el sentido de la palabra, lógicas alternativas.

De un modo general, las LNC implican al mismo tiempo una flexibilización y un mayor rigor con respecto a los procesos de formalización de la LFC, por contradictorio que parezca. Un proceso de formalización es el mecanismo mediante el cual puede simbolizarse el lenguaje natural de suerte que se haga visible la validez de un razonamiento, o bien la verdad de un enunciado. O, en caso contrario, su debilidad e inconsistencia. Esta es justamente la parte técnica de la lógica, de la LFC o de las LNC.

En el panorama de las LNC y en estrecha relación con la distinción entre lógicas monotónicas y no monotónicas vale mencionar lo siguiente. Las lógicas no monotónicas permiten el nacimiento o el acceso a las lógicas por defecto (*default logic*) o también lógicas desviadas (*deviant logics*). Introducidas por primera vez por Reiter en 1980, la lógica por defecto es la mejor formalización de la no monotonicidad. Básicamente se trata de las lógicas que admiten nuevas reglas que la LFC no permite. Un buen ejemplo es el siguiente: los pájaros vuelan; los pingüinos son pájaros; luego los pingüinos vuelan (lo cual es falso). Lo correcto sería decir: los pingüinos no vuelan. Pues bien, la LFC no permite ninguna conexión entre pájaro, pingüino y no vuela. Para ello se hace necesario introducir reglas por defecto; es exactamente lo que hace la lógica por defecto. Así, el razonamiento correcto es: los pájaros vuelan; los pingüinos son pájaros; [pero] los pingüinos no vuelan. Que un pingüino no vuela se denomina una regla por defecto. En conclusión, una de las LNC es la lógica por de-

fecto, la cual emerge gracias al estudio de la no monotonicidad del conocimiento, del lenguaje. En una palabra, la lógica por defecto es el razonamiento que elaboramos cuando no hay pruebas o evidencias de lo contrario (de lo que se está afirmando o buscando).

14 Un quiebre con la cultura

Pensar, esto es, pensar de un modo diferente significa enfrentarse con los mismos problemas que otros, pero verlos y resolverlos de una manera perfectamente inopinada. Pensar es siempre pensar lo improbable, no precisamente lo real. Al respecto Einstein tenía una idea que vale considerar con atención.

En el contexto del debate de Copenhague, decía el físico alemán que, si verdaderamente se quiere resolver un problema, esto exige cambiar el marco en el que surge el problema. Así, bien entendido entonces, esto significa modificar el marco lógico, el marco epistemológico, el marco metodológico, el marco semántico y el marco sintáctico en los que surge un problema. Pero estos no son los únicos marcos. Asimismo, se hace indispensable cambiar el marco científico, el marco filosófico y el marco cultural en el que surge el problema. Pero, más radicalmente, ello conlleva también, de manera inevitable, modificar de raíz el marco social, el marco político, el marco económico y el marco de valores en el que emerge el problema en cuestión. De lo contrario, no se habrá hecho nada y definitivamente el problema no habrá quedado resuelto, en modo alguno. En ciencia y en metodología un problema que se aborda y se lo explica sin que se cambie verdaderamente nada se denomina una investigación epidemiológica. Einstein mismo jamás se percató de la radicalidad de su idea. Pensar, dicho sin más, consiste en cambiar el mundo, y nadie piensa bien si no sueña; el mejor de los sueños es mejorar la vida, cambiar el mundo, hacer posibles otros mundos y otros tiempos.

No existe, no es posible la idea de un pensar genérico, acaso metafísico. Algo así como "los seres humanos piensan", por ejemplo. Pensar es un fenómeno que acaece en medio de circunstancias

precisas, en un entorno determinado, ante retos y desafíos precisos, en fin, con libertades y posibilidades singulares. Pensar al margen de la historia y de la naturaleza no tiene sentido. La naturaleza y la historia suministran al mismo tiempo el marco y los motivos del pensar, y, por definición, en cada época y lugar son distintos. Son determinados hombres y mujeres quienes piensan; pero piensan en nombre de los demás, en el horizonte del mundo, jamás para sí mismos. El pensar verdadero no sabe de egoísmos o personalismo.

La historia de Occidente se caracteriza por un pensamiento y, por tanto, un estilo de vida, perfectamente binario, dualista; en últimas, maniqueo. Se trató siempre de pensar o una cosa o la otra: A v B, siendo por definición A y B diferentes. Occidente fue posible como un pensamiento de la exterioridad que se hace posible tan solo eliminando otras culturas y civilizaciones, o bien cooptándolas al interior suyo, indiferenciándolas e integrándolas por completo en el esquema de sus valores, principios, comportamientos y estándares de vida. No en última instancia Occidente se hizo posible robándoles a otros pueblos, culturas y sociedades su propia historia (Goody, 2006), su propia memoria, sus saberes, sus tradiciones y sus fortalezas. En términos elementales: Occidente termina confundiendo a la historia entera de la humanidad con su propia historia. Pensar en términos occidentales es equivalente a pensar jerárquica, secuencial y binariamente, y, en fin, en términos excluyentes: A v B.

Manifiestamente, la LFC no es la culpable de toda la historia de divisiones, guerras, violencia y exclusión de la historia de Occidente. Pero sí es cierto que muchas de las justificaciones para acciones semejantes sí estuvieron sustentadas por la estructura mental predominante, la cual se basaba esencialmente en la LFC. Sin dudas, la historia de la LFC coincide, plano por plano, con la historia de un pensamiento inane; en un tiempo la metafísica, en otro la teología, y en otro más la física clásica, y así sucesivamente. No solamente las acciones y las decisiones, sino sobre todo el pensamiento, constituyen la verdadera bisagra del mundo, si cabe. Las cosmovisiones son el verdadero hilo conductor de individuos, grupos, colectividades,

sociedades y culturas. La forma amable de decirlo es que se trata del conjunto de creencias de los seres humanos, esas impresionantes creaciones del cerebro humano. Las gentes son sus creencias, y no hay nada tan valioso, pero al mismo tiempo tan peligroso como las creencias de cada quien; tanto más cuando son institucionalizadas y convertidas en credo común.

La lógica en general configura el basamento de las cosmovisiones; esto es, el conjunto de comprensiones y explicaciones, y, definitivamente, las estructuras mentales (*mindset*) de los seres humanos. No precisamente en el sentido de que los seres humanos sean lógicos o conozcan con toda propiedad la lógica en general, pero sí en el sentido preciso de la justificación de sus sistemas de creencias. Digámoslo en términos elementales: la lógica suministra justificaciones a las creencias y al conocimiento. Aun cuando la lógica no sea el objeto explícito e inmediato de referencia de las justificaciones, o de las creencias.

El pensamiento es manifiestamente cambiante. No obstante, la lógica se ocupa de valorar los vínculos asociativos o estructurales de ese pensar a fin de establecer creencias ciertas. Dicho de forma simple y directa: los límites de la lógica no son otros que los que impone el propio intelecto humano, en cada quien; los límites de la lógica coinciden exactamente con los límites de las experiencias de cada quien. Solo que estas limitaciones, o por el contrario la ruptura de estas, tiene lugar cada vez más en contextos sociales. Es exactamente en este punto en el que cabe hablar de manera legítima de los procesos colectivos del pensamiento como de auténticos procesos de contagio. La lógica en general puede ser vista como el estudio de los fenómenos epidemiológicos —por ejemplo virales— de las creencias, y, con ellas, de los estilos y estándares de vida.

Cabe otra metáfora al respecto: la lógica sienta los cimientos de la cultura, y mientras que la cultura en general es visible de diversas maneras, los cimientos no lo son, pero constituyen los pilares de los sistemas de valores, los temas morales, las organizaciones que se erigen y, en fin, de las decisiones y acciones de los seres humanos.

15 Líneas, curvas y pliegues del pensar en las LNC

Las LNC suministran suficientes herramientas para pensar y explicar aspectos sensibles de la vida y el mundo, tales como la importancia del tiempo, la pluralidad de puntos de vista, la importancia de marcos y contextos diferentes —y en ocasiones incluso incongruentes—, el sentido de los matices, la multiplicidad de valores, biografías y culturas, por ejemplo, la libertad de la intuición y no tener que ceñirse a criterios y estándares pre-fijados, o el papel que la posibilidad y la contingencia (por ejemplo) juegan al lado de la necesidad, de suerte que el mundo no tiene que ser enteramente considerado en términos de necesidades de ningún tipo. Sin duda, las LNC constituyen una de las más fantásticas revoluciones en el pensamiento humano, en toda la historia de la evolución. Desde otro punto de vista se trata de lógicas que tienen como preocupación central las conexiones de todo tipo entre el universo macroscópico y el universo microscópico, cada uno con sus dinámicas y tiempos.

Las lógicas no clásicas son lógicas de sistemas que aprenden y que, consiguientemente, saben de adaptación y vuelcan la atención sobre la importancia de la adaptación. De lejos la no monotonicidad constituye un rasgo determinante en los procesos por pensar, comprender y explicar la realidad y el universo. La lógica en general contribuye, mediante las LNC, como nunca antes, en toda la historia de la humanidad, a combinar el rigor y la flexibilidad en función siempre de los fenómenos mismos, y no necesariamente de lo que los sujetos creen o piensan sobre el mundo.

Frente a la lógica atávica de la historia, acostumbrada a pensar en términos de "o una cosa o la otra", las lógicas no clásicas nos

permiten pensar escenarios diferentes, situaciones contradictorias, inconsistencias incluso, con la condición de que sean no triviales. Podemos aprender a pensar y a vivir en términos contraintuitivos, y comprender consiguientemente que la percepción es tradicionalmente conservadora. Aprendemos, notablemente, a no temerles a las contradicciones o las inconsistencias. Llevado amablemente al extremo, aprendemos a vivir sin miedos.

El sistema binario de toda la historia anterior no nos permite ver que en ocasiones el mundo y la vida funcionan con vacíos lógicos y que hay más de una manera de adscribir sentido y significado a las cosas. Ya no es inevitable pensar y vivir el mundo en términos binarios: o una cosa o la otra, pues, aunque incluso perfectamente diferentes, por primera vez resulta posible pensar dos —o más— cosas diferentes en sus relaciones, complementariedades, exclusiones, uniones y demás. Podemos aprender a pensar —y a vivir, consiguientemente— en medio de la diversidad, la multiplicidad, la pluralidad. Algo que en la historia de la humanidad ha sucedido solo episódicamente, y que parece haber quedado olvidado de un trazo.

La LFC es tan solo un caso particular de un espectro inmensamente más amplio y comprehensivo, las LNC. Sucede aquí algo semejante a las relaciones entre la geometría euclidiana y las geometrías no euclidianas, o entre la mecánica clásica y la teoría de la relatividad. Los desarrollos previos que eran generales o totales se reconocen entonces como simples casos particulares de comprensiones más fundamentales y ajustadas al mundo y la realidad. O, lo que es equivalente, los momentos anteriores se reconocen como abstracciones que se ven desplazadas frente a nuevas comprensiones mucho más ajustadas a la realidad, al universo y a la vida.

El estudio de la lógica presupone el estudio de lenguajes. De manera genérica, existen lenguajes artificiales y lenguajes naturales. Por razones históricas, la LFC solo sabe de lenguajes naturales y, específicamente, de lenguajes naturales formalizados.

Esencialmente construimos el mundo con base en lenguajes naturales. Estos son al mismo tiempo catalizadores y reflejos de

fenómenos culturales, de tal suerte que la cultura —o toda una experiencia de vida— se sedimentan en un momento determinado en el lenguaje. Es definitivamente cierto: pensamos con palabras, y a través de palabras nos comunicamos con el mundo y en ocasiones, incluso, con nosotros mismos. Wittgenstein lo vio con total claridad: la historia del mundo, finalmente, no es otra cosa que la historia de juegos del lenguaje. Un haz de luz al mismo tiempo lúcido y dramático.

Las LNC permiten comprender que los lenguajes son sistemas vivos o, lo que es equivalente, expresan y vehiculan sistemas vivos. Esto quiere decir que los lenguajes no son sistemas rígidos y, ciertamente, no sistemas cerrados o aislados; constituyen, por el contrario, el prisma a través del cual se desenvuelve la vida en todos sus avatares.

Ahora bien, los sistemas vivos son cambiantes y la marca de calidad de la vida no es la permanencia, sino el cambio; dicho evolutivamente, la adaptación. El cambio de una cultura comienza por el cambio mismo del lenguaje que se usa en dicha cultura, de suerte que el cambio del lenguaje coincide con el cambio mismo del mundo. La tragedia, sin embargo, consiste en que en numerosas ocasiones abordamos los problemas mismos del mundo en términos de lenguaje y resolvemos esos problemas como asuntos de lenguaje, al margen de los temas y problemas mismos. En numerosas ocasiones en el pasado, la historia oficial consistió exactamente en la institucionalización del lenguaje (eso se aprecia muy bien en América Latina, con las diferentes Academias de la Lengua) y, consiguientemente, con la proscripción de lenguajes particulares, y el muy fuerte reduccionismo de cualquier otro tipo de lenguaje al lenguaje proposicional. El arte y la estética casi siempre cumplieron un papel emancipador y crítico, como de hecho sucedió también con la poesía y la música.

Numerosas LNC permiten comprender que los lenguajes naturales están atravesados por temas y problemas relativos al tiempo y la temporalidad y que existen matices, gradientes, motes, vetas en el leguaje, implícitos, vacíos incluso —que todos ellos cuentan en un momento determinado—. Es como decir que la música está hecha

también de silencios. La polifonía del mundo es una marca de su complejidad, y la polifonía conforma el concierto mismo de la realidad y de la vida. Existen, intermitentemente, juegos de tonalidad y atonalidad, si cabe. No solamente la polisemia, sino además y fundamentalmente la polifonía expresa la gama entera, abierta en ambos extremos y con innumerables intermedios y escalas intermedias, las cuales son esencialmente variables. La lógica dinámica, una de las LNC, bien sabe de esto.

La geografía del pensamiento coincide, plano por plano, con la geografía misma del lenguaje. Sin embargo, esta geografía está soportada por procesos geológicos tanto como por los propios sistemas vivos. Esta no es sino la forma de afirmar que la lógica cuántica, particularmente, puede aportar luces sobre estas consideraciones. Al fin y al cabo, no es la necesidad la que delinea la realidad y el mundo, sino, además y fundamentalmente, las contingencias y el azar. Solo hay que verlas y reconocer la forma como contribuyen positivamente a configurar un mundo que se quiere como necesario. Muy pocas lógicas saben de aleatoriedad y azar, como la lógica cuántica, una de las LNC.

Por contradictorio o sorprendente que sea cuando se lo ve con los ojos del pasado, pensar con la ayuda de las LNC significa no categorizar —no categorizar el mundo, a la gente, las cosas—. Propiamente hablando, quien piensa en términos de categorías no ve el mundo o la realidad: tan solo ve las categorías que maneja y a las que quiere reducir la naturaleza y el universo.

En efecto, mientras que uno de los aspectos centrales de la LFC —ciertamente válido en y a partir de Aristóteles— es el uso de categorías (Kant mismo no logra liberarse de las "categorías", simplemente amplía o modifica el conjunto de categorías heredadas de la tradición aristotélica), ninguna —absolutamente ninguna— de las LNC trabaja con y mucho menos se funda en categorías. Precisamente por ello son idóneas para el pensar.

Pensar implica abandonar categorías heredadas con cualesquiera justificaciones que se quiera, y afrontar el mundo con una

estructura de mente abierta[14]. Es cierto que la tendencia natural de los seres humanos consiste en reducir o identificar o traducir lo nuevo en los términos de los conceptos, categorías, modelos y teorías que ya se tienen. Incluso con la distinción entre conocimiento tácito y conocimiento explícito. Sin embargo, la verdad es que ningún pensador utiliza categorías —mucho menos con leyes y normas ya establecidas—. Exactamente en este sentido cabe decir que pensar, en el sentido primero y fuerte de la palabra, significa pensar en términos no algorítmicos.

¿Pensar en términos no algorítmicos? Algunos ejemplos elementales son: que la mente humana puede saber lo que no puede saber, y conoce lo que no conoce, incluso sabe que sabe cosas que son verdaderas y no sabe exactamente por qué lo son (Gödel).

Pues bien, el lenguaje no tiene por qué ser un impedimento en la comunicación con el mundo. Las palabras deben poder acercarnos, y no alejarnos. No dejar que el silencio desplace a las palabras (me refiero a ese silencio de quien ya no puede decir las cosas en un momento determinado, por temores, por prudencia o por conveniencia). Los seres humanos poseen numerosos lenguajes —el lenguaje corporal, el pictórico, etc.—, pero todos esos lenguajes son traducidos por los lógicos al lenguaje proposicional (del tipo: S es P). La razón es que "verdad" o "falsedad" solo acaecen en el lenguaje proposicional. Ningún otro lenguaje sabe de verdad o de falsedad; y mucho menos de difusividad (o borrosidad, si se quiere), polivalencia o dinámica, por ejemplo, de estos valores.

---

[14] En el mundo contemporáneo, las categorías lógicas pueden adecuadamente ser comprendidas como "etiquetas". La conclusión, por tanto, es que debemos poder no etiquetar a las personas, las cosas, el universo. En inglés categorizar se dice de tres formas distintas: *pigeon-holing*, *tagging* o *categorizing*. Ahora bien, en matemáticas existe la teoría de categorías, que es fundamental en el estudio de redes en las transformaciones, en las conexiones entre fenómenos. Desarrollada originalmente por Eilenberg y MacLane, esta teoría tiene una significación perfectamente distinta a la que aquí discutimos en el marco del pensar y de la lógica en general.

En una consideración más técnica, lo que hacen muchos lógicos es tomar un problema, traducirlo al álgebra, y posteriormente traducirlo nuevamente a la lógica. Este procedimiento es conveniente cuando verdaderamente se dificulta identificar la verdad de una proposición, un modelo o una teoría. O cuando se quiere hacer manifiesto un craso error del pensamiento. Por esta razón, la algebrización forma parte del trabajo, en ocasiones, técnico de los lógicos. La algebrización de la lógica constituye, sin lugar a dudas, una de las puertas de acceso desde la LFC hacia las LNC. Un método perfectamente disímil es la geometrización en el estudio de los enunciados y teorías.

Dicho de forma gruesa y sintética, la importancia de las LNC consiste en los espacios que abre, desde varias compuertas, a considerar alternativas. Tantas como sea imaginable, tantas como sea posible. No estamos sujetos, ya nunca más, al peso de la realidad, al peso de lo dado, a los hechos. Contra los hechos, que son por definición ciegos, queda la esperanza de pensar alternativas, esto es, literalmente, imaginar mundos posibles —escenarios, perspectivas, niveles—. Si para ello hay que tomar distancia o incluso romper los moldes y esquemas del pensamiento heredado (es decir, LFC), pues tanto mejor.

Digámoslo en términos estéticos. La realidad es fea, y es fea por vulgar. Es debido a lo vulgar de la realidad que esta merece ser cambiada, radicalmente transformada.

La idea de base es que vivimos un universo inacabado y en permanente proceso de evolución. Pero si ello es así, acaso la mejor condición que tenemos los seres humanos consiste justamente en imaginar lo inimaginable, pensar lo impensado, ver lo no visto. Y esa exactamente es la fortaleza en general de las LNC . Solo que, evidentemente, en los sistemas de educación y en la cultura en general, son ampliamente desconocidas; seguramente por su novedad. Al fin y al cabo, las LNC nacen a partir de los años sesenta y continúan naciendo, desarrollándose y fortaleciéndose hasta la fecha.

La vida como la ciencia está repleta de preguntas, de misterios, de arcanos. Y no todas las preguntas admiten respuesta. Hay

incluso algunos problemas que admiten más de una respuesta. Pues bien, existe una LNC, que es la lógica erotética, conocida igualmente como la lógica de las preguntas, cuya especificidad consiste en poner sobre la mesa, a plena luz del día, la importancia, la necesidad, en fin, en ocasiones incluso lo agónico, de las preguntas. Así, por ejemplo, distinguir clases de preguntas. O reconocer cuáles pueden responderse y cuáles no, lógicamente hablando. O incluso también formular muy buenas preguntas. Al fin y al cabo, pensar incorpora preguntar, y hay momentos en los que una pregunta gatilla un proceso de pensamiento. La lógica erotética es fundamental en la investigación científica. En otras palabras, es posible que un proceso de pensamiento no termine en una conclusión, sino en una pregunta. La lógica erotética es de inmensa ayuda en estos contextos. En contraste con la LFC no es necesario ni tampoco evidente que un razonamiento —un silogismo, por ejemplo— conduzca a una conclusión. Bien puede suceder que conduzca y concluya en una pregunta. Esta clase de inferencias tienen lugar en numerosas ocasiones en ciencia tanto como en la vida.

Por lo demás, de otra parte, actuamos aunque no pensamos, o también actuamos mientras pensamos. Solo excepcionalmente pensamos primero y actuamos después. Pues bien, existe una lógica, que es la lógica deóntica, una de cuyas particularidades consiste en comprender, explicar y hacer posible que actuemos, en ocasiones, en sentido contrario a las obligaciones que deberíamos seguir. No siempre seguir una obligación —por ejemplo, una orden, una norma, una ley, y demás— es racional o razonable. La LFC no sabe absolutamente nada al respecto. Por el contrario, el panorama de las LNC es dúctil al respecto.

Ahora bien, nadie piensa en función de una lógica determinada. Eso no es cierto en la práctica. Dicho de forma elemental, en numerosas ocasiones pensamos con la ayuda de varias lógicas (una idea semejante se presentó antes a propósito del bricolaje). En numerosas ocasiones combinamos varias lógicas —digamos, varias estrategias, varios estilos de pensamiento, diversas clases de inferencias—. Pues

bien, sucede que podemos expresar las cosas en la combinación de diversas lógicas, o también de forma combinada. Cuando algo así es posible, trabajamos con una de las más conspicuas LNC, la lógica de fibras (*fibring logic*), que hace referencia a cuando, para elaborar un tejido, combinamos hebras, grosores, hilados diferentes. Dos o más.

Finalmente, una observación importante: habitualmente se ha asumido que la lógica, la ciencia y la filosofía, por ejemplo, se encuentran en las antípodas, o por lo menos en otra dimensión o escala en relación a la literatura. He aquí un craso error, proveniente de la tradición que divide y clasifica clases de conocimiento. Nada obliga a que la literatura no sea menos "científica" y lógica" que las matemáticas o la filosofía, por ejemplo. Es lo que podemos ganar gracias a la lógica de la ficción.

En efecto, una LNC muy importante es la lógica de la ficción. La ficción constituye un modo fundamental del conocimiento, y es incontestable que en numerosas ocasiones no podemos pensar sin la literatura. Así, por ejemplo, las novelas, los cuentos, los relatos míticos y mágicos y demás. Dicho más propiamente y en términos generales, nadie piensa bien si desconoce la gran literatura del mundo. De hecho, la lógica de la ficción implica y atraviesa a varias de las LNC.

16 Contra las categorías, pensar

Pensar es un muy acendrado comportamiento. Ya desde que Aristóteles lo estipulara en uno de los varios textos dedicados a la lógica, se convirtió en costumbre y norma pensar con categorías. Incluso alguien como Kant —quien sostenía que desde Aristóteles la lógica no había cambiado nada— piensa en los temas y problemas que le interesan en términos de categorías. Solo que las suyas son distintas.

Pensar en términos de categorías significa, literalmente, etiquetar el mundo, la realidad, a los otros. Existen muchas maneras de comprender las categorías, tales como esquemas, tipos, o clases.

El conflicto para ver y comprender el mundo puede ser explicado en términos bastante elementales. Se trata de establecer si vemos lo que conocemos, o bien si conocemos lo que vemos. La inmensa mayoría de los seres humanos solo ve lo que ya conoce. Esto es, reduce lo nuevo que ve a esquemas, conceptos, imágenes y modelos explicativos ya establecidos y experienciados. Son muy pocos, porque es verdaderamente difícil, aquellos que se dan a la tarea de conocer aquello que ven.

Existe una sutil distinción en inglés, que no aparece como tal en español. Se trata de las distinciones entre tres tipos de categorizaciones: *tagging*, *pigeon-holing* y *categorizing*. Los tres significan, literalmente, etiquetar. Esto es, comprender y explicar el mundo y la realidad en esquemas, compartimientos, clasificaciones, que es precisamente aquello en lo que consistía la filosofía aristotélica: un sistema de pensamiento de clasificaciones —ulteriormente, claro, de jerarquías; analítico, entonces, necesariamente—.

Si la antropología enseña que cada cultura se comprende a sí misma como el centro del universo, por derivación cada cultura

define al resto del mundo a partir de sus propios esquemas de pensamiento. Al fin y al cabo, el concepto mismo de cultura es conservador, en todo el sentido de la palabra. Abogar por la importancia de las culturas es una manera, digamos, de ser un conservador progresista. En el siglo XVI había un mote para esto: el despotismo ilustrado. Así, semánticamente hablando, no estamos diciendo nada cuando se habla de cosas como "cultura de vida" o "cultura de paz", y otras expresiones semejantes. La cultura es esencialmente conservadora, y en ese papel de conservación consiste su función histórica. Los cambios en la historia son siempre cambios contra la cultura —imperante, un pleonasmo—. Es la cultura en general la que cree (erróneamente) que las categorías son necesarias.

El pensamiento que se funda en, y que trabaja con, categorías es tradicionalmente pasivo con los criterios de autoridad. Al fin y al cabo, siempre existe alguna autoridad que determina qué son y qué no son, qué pueden ser, y qué no, las cosas, a pesar de que Aristóteles mismo argumentara en contra de los argumentos *ad hominem* y *ad auctoritatem* —que no son los argumentos que se fundan en una autoridad, sino, más exactamente, aquellos argumentos con los que la autoridad está de acuerdo—.

Autoridades existen muchas y en todos los órdenes. Precisamente por ello es extremadamente difícil pensar contra las categorías. Todo ha terminado por convertirse en un atavismo. Al fin y al cabo, el sentido común cree y trabaja con etiquetas, esquemas, tipos y clases de todo orden.

Pensar es un acto liberador o emancipatorio que no cree para nada en la autoridad. Por ello mismo, es la forma más prístina de la libertad y la autonomía.

Stuart Kauffman es un biólogo con un enorme prestigio entre la comunidad científica (e incluso entre la parte más inteligente de la comunidad empresarial). El prestigio es algo radicalmente diferente a la autoridad. La buena ciencia no trabaja, en absoluto, con principios o criterios de autoridad. Por eso la buena ciencia es escasa y difícil. Pues bien, Kauffman en un libro reciente: *Humanity in a*

Creative Universe (2016), hace el entronque entre ciencia y civilización. Un asunto de la mayor importancia pero que no es aquí el foco de interés (se trataría de discutir el hecho de que no todas las culturas y civilizaciones piensan —y por tanto, viven— a la manera de Occidente, sus pensadores, filósofos, políticos).

Galardonado con la prestigiosa beca MacArthur ("*Genius Fellowships*"), autor de artículos y libros de enorme impacto en varios órdenes, y con varios premios y reconocimientos, Kauffman cobra la fuerza y la lucidez para plantear la necesidad de reconocer que la historia de la que provenimos merece una segunda mirada. En consecuencia, no hay que agachar enteramente la cabeza ante gente como Descartes, Kepler, Galileo, Newton, Laplace, Einstein, Bohr y Schrödinger, de un lado, o Darwin, Adam Smith o Locke, de otra parte. Todos ellos tienen el defecto de habernos enseñado a pensar con categorías. Y las cosas no resultan ni han resultado afortunadas en varios dominios, desde entonces.

Extrapolemos. Quien de verdad piensa, piensa sin categorías, algo que va en contra de la mejor tradición de la civilización occidental. Por el contrario, quienes piensan, abierta o tácitamente en función de tal o cual categoría, propiamente no piensan, y solo siguen, sin saberlo, creencias y doctrinas. Al fin y al cabo la obediencia siempre ha resultado más cómoda, y el ejercicio de la autonomía del pensamiento ha conllevado confrontaciones y riesgo.

Cabe hacer una consideración que arroje una luz indirecta al respecto. En la Grecia antigua existían dos términos para designar el pensar. De un lado, en la Grecia arcaica, se trataba del *nous* (cuyo verbo era el *noein*, y el correlato objetual era el *noema*). Posteriormente, con la llegada del período clásico de la Grecia antigua, el pensar se asimila al conocer, y ambos se designan indistintamente como *logos* (cuyo verbo es el *legein*). Cabe adecuadamente traducir el primero como intuición, y el segundo como conocimiento racional basado en la palabra. La historia subsiguiente es el desplazamiento del *nous* por el *logos*, gracias a esa historia que se deriva de Platón y de Aristóteles. El resto es historia conocida.

La libertad de pensamiento y la libertad del espíritu pasa, y en muy buena medida se funda, en la capacidad de libertad con respecto a esos atavismos de las categorías. Toda la educación y la cultura de la civilización occidental no es otra cosa que la pasión por etiquetar el mundo, la realidad y el universo. Por ello mismo no sabe nada de movimiento, cambio, dinámicas.

Kauffman hace una invitación sensata y bien argumentada a pensar lejos, muy lejos, de esa tradición de categorías, etiquetas y clasificaciones. Pero lo hace (¿se atreve?) cuando al parecer ya ha cruzado el mediodía y la tarde se acerca, que es cuando la mayoría de científicos se atreven (¿logran?) a plantear desafíos. En este caso, desafíos civilizatorios. Por regla general, los científicos osan hablar de otros grandes temas, más sensibles a la humanidad al cabo; esto es, cuando ya han hecho un trabajo largo de especialización en una ciencia. Los ejemplos son numerosos. Es como si dijéramos: es porque han alcanzado un alto prestigio que se atreven a decir las cosas con coraje y libertad. Pero este es otro asunto.

Entonces vale recordar —sobre las mil y una formas de clasificar a la realidad— ese texto humorístico y brillante de Borges, y que Foucault repite al comienzo de *Las palabras y las cosas*: cabe distinguir los animales, como pertenecientes al emperador, aquellos que están embalsamados, los que están amaestrados, los lechones, las sirenas y los fabulosos, los perros sueltos, los que están en esta clasificación, los que se agitan como locos, aquellos que son innumerables, los que son dibujados con pincel finísimo de pelo de camello, los que entran en la categoría de: etcétera, los que acaban de romper el jarrón y aquellos otros que de lejos parecen moscas.

Sistemas de clasificación hay tantos como modos de interpretar el mundo. En cualquier caso, la idea de base es la de que debe ser posible pensar contra la familiaridad de las cosas, que es lo que propiamente significa pensar. Con todo y el reconocimiento explícito de que, de cara a la tradición y al presente hegemónicos, pensar sin categorías resulta altamente difícil.

Parte I

Lógicas no clásicas y sistemas sociales: el oficio de pensar sin límites

¿Puede decirse con propiedad que el mundo, la realidad y la naturaleza son lógicos? ¿O bien, en caso contrario, cabe decir razonablemente que carecen de lógica? Por "lógica" queremos decir, *prima facie*, sencillamente que son (o no) inteligibles. En el primer caso, la tarea consiste en descubrir, desentrañar, excavar, si cabe, las claves lógicas que ya poseen el mundo, la realidad o la naturaleza. En el segundo caso, por el contrario, si no son lógicas o no poseen ya de suyo una lógica, entonces cabe ponerles, adscribirles u otorgarles un sentido lógico. Toda la historia de la humanidad pivota en torno a este dilema. Este dilema define en toda la extensión de la palabra al cultura humana en general, y los distintos pueblos, culturas y sociedades.

Como señalara en su momento Einstein, el verdadero misterio del mundo y del universo es que son inteligibles —relativamente a nuestras limitadas mentes—, ya sea que se tome esta última aserción en sentido cultural o filosófico. Pues bien, la capacidad de inteligibilidad —esto es, de comprensión y explicación de la realidad y la sociedad— define, literalmente, nuestra propia capacidad de existencia y supervivencia en medio de un entorno cuyo sentido es recóndito y hay que desentrañar, o bien al que en el decurso del proceso civilizatorio le hemos ido otorgando grados, modos y niveles de comprensión al universo y al mundo. Todo ello define el sentido de esa aventura que es la familia humana.

El proceso de inteligibilidad de la realidad y el universo constituye una sola y misma historia con el proceso mismo de la historia y la cultura de la especie humana. Pero con ella, entonces, también del conjunto de sistemas vivos. Esta historia pivota, dicho de manera puntual, en torno a dos circunstancias únicas e irrepetibles, según se ha dicho en el cuadro general del conocimiento y de la historia. De un lado, se trata de la emergencia de la civilización occidental, y con ella, del modelo clásico imperante de racionalidad: la *episteme*, una categoría más amplia que la filosofía o la ciencia. La bibliografía en torno a la explicación de este fenómeno es abundante. Y concomitantemente, la segunda circunstancia tiene lugar después del final de la Edad Media, el tránsito a través del *Quattrocento*, y el ingreso a la

modernidad, hasta nuestros días, a saber: la importancia del método científico.

Esta dúplice circunstancia se erige como el marco referencial de las discusiones y debates lógicos, filosóficos, científicos y metodológicos en torno, finalmente, al sentido mismo de la especie, la familia o la civilización humana como un todo, relativamente al mundo, y al universo en el que nos tocó vivir, o a la sociedad en la que nacimos y acaso hemos optado por vivir o por transformar. Pero también define el sentido de las posibilidades, hacia futuro; y, por consiguiente, los quiebres, las rupturas o las inflexiones que quepa imaginar y, entonces, introducir.

Cabe decir que la columna vertebral de la racionalidad occidental es la lógica clásica. Formulada originariamente por Aristóteles en los *Primeros analíticos* y los *Segundos analíticos*, con ella la civilización occidental aprendió a pensar de un modo bien determinado: el análisis o, lo que es equivalente, se trató de la importancia del principio de tercero excluido. Es decir, la idea de que es imposible que una cosa sea algo y otra más al mismo tiempo. Ahora bien, analizar significa dividir, segmentar, compartimentar. Como han señalado diversos autores, nos hicimos al cabo muy diestros en dividir y reducir el mundo y la realidad a sus partes, pero después fuimos incapaces de reconstruirlo. El resultado fue el reduccionismo. El análisis nos hizo creer en la importancia de la existencia de "fundamentos". Toda fundamentación, al cabo, puso de manifiesto, a pesar suyo, un afán reduccionista. Esta historia terminó, al final del día, en el triunfo del reduccionismo y el determinismo, que es, *grosso modo*, la historia —la historia oficial— de Occidente, tal y como la hemos conocido. La idea de fundamentos —de las matemáticas, del derecho, y demás— es la expresión elegante para expresar que se es, verdaderamente, fundamentalista y, por tanto, reduccionista.

Concomitante con la idea del análisis, el modo clásico y aun prevaleciente de pensamiento consistió en la creencia en la identidad (o el principio de identidad). Ser occidentales significa creer en la identidad. Así, por ejemplo, la identidad nacional, personal, cultural,

sexual y otras. El principio de identidad es, sin lugar a dudas, el principio fundacional del modo de vivir y de pensar de Occidente. Tanto así que, en el marco aristotélico, el principio de (no-)contradicción y el principio de tercero excluido cumplen sencillamente la función de afirmar, por vía de contraste, el principio de identidad. De esta suerte, la lógica clásica les enseña a los seres humanos a pensar y a vivir en términos binarios o dualistas: verdad-falsedad, varias de cuyas traducciones pueden ser: el que no está conmigo está contra mí (*Realpolitik*) o lo uno o lo otro (Kierkegaard), y otras semejantes. La identidad se define como oposición a, y en contaste con, la alteridad; o con la diversidad, notablemente.

En este punto, puede decirse, a título introductorio, o bien que la lógica clásica es la responsable de la historia que hemos conocido —una historia constituida esencialmente con base en violencia, exclusión, división, guerras, poderes, separación y jerarquización—, o bien que el uso que se ha hecho de la lógica clásica es responsable de las justificaciones mediante las cuales Occidente ha sido la clase de civilización que ha sido, y las crisis a las que, ulteriormente, condujo a la humanidad.

Pues bien, a partir de los últimos cuarenta años del siglo XX y hasta la fecha hemos hecho el aprendizaje de un fenómeno que puede ser presentado de tres formas, así: de un lado, se trata de la emergencia de un *pluralismo lógico*, y con él, de un pluralismo —irreductible— de formas de pensar y de vivir el mundo. De otra parte, al mismo tiempo, se trata del aprendizaje acerca de la *complejidad del mundo* en el sentido preciso de las ciencias de la complejidad. Y, en tercer término, a la vez, hemos aprendido a pensar por encima, al lado, o, además de lo real, en *lo posible* mismo. Las tres ideas: pluralismo lógico, complejidad y posibilidad configuran una férrea unidad, o lo que es equivalente, se trata de tres expresiones de un mismo y solo problema o fenómeno. Este libro está dedicado a esta triple idea, y el *motto* general es el del encuentro entre las lógicas no clásicas (LNC) y los sistemas de complejidad creciente. Más exactamente, sobre la base de la primera parte, esta segunda parte nos abre

la puerta para el estudio al mismo tiempo de las LNC y de sus consecuencias o implicaciones sociales.

En este sentido, el plan de esta segunda parte es el siguiente. Inicialmente, me ocupo del nacimiento y el significado de las LNC. No me ocuparé de manera central, en ningún lugar, de la lógica clásica (LFC), o la lógica matemática, o, lo que es equivalente, la lógica simbólica, por razones que se irán exponiendo gradualmente. Pero aquí, vale decirlo de manera franca: no me ocupo de la (LFC) porque no es en absoluto necesario comenzar una discusión sobre lógica partiendo de esta misma, y mucho menos detenerse en ella, a menos de que sea por razones estrictamente históricas. En varios lugares he sostenido que las LNC son una de las ciencias de la complejidad. No discutiré aquí esta idea, pero sí me propongo mostrar la forma en que las LNC contribuyen activamente a las ciencias de la complejidad, algo que ni la comunidad de complejólogos, en sentido laxo, ha estudiado ni, por otra parte, algo de lo cual los propios lógicos se hayan percatado hasta la fecha expresamente. De consuno, si las LNC contribuyen activamente a explicar y comprender la complejidad del mundo y la realidad, entonces, *a fortiori*, las LNC pueden idóneamente ser consideradas como una de las ciencias de la complejidad.

Sobre esta base, procedo a una comprensión o caracterización de lo que son las ciencias de la complejidad y su importancia cultural, científica y filosófica, algo sobre lo cual va habiendo cada vez una luz mayor. Seguidamente, presento y profundizo en el cuadro general (*big picture*) de las LNC y la forma como a la vez amplían, enriquecen y complejizan las comprensiones y explicaciones acerca del mundo y el universo. Sobre esta base, procedo entonces justamente al diálogo entre LNC y sistemas complejos no lineales, al mismo tiempo que subrayo la idea de pensar en términos de síntesis. El paso siguiente consiste en la puntualización acerca de la forma como las LNC hacen inteligible y comprensible nuestro mundo en general, y cómo lo hacen. Ahora bien, un capítulo nuclear es el estudio de las inferencias, un capítulo generalmente inexplorado y sugestivo. Este es el objeto de la sección siguiente. A propósito de las inferencias,

procedo a discutir la forma como las preguntas y la ficción contribuyen a la construcción de un mundo común para todos. Finalmente, sobre esta base, subrayo la importancia de lo que provisoriamente podemos llamar un pensar no algorítmico en el cuadro de la complejidad de la realidad. Al final extraigo algunas conclusiones. En ninguna parte me detengo en aspectos importantes pero técnicos tales como establecer cuáles son los símbolos con los que operan, cuáles son las reglas de transformación y de inferencia, los sistemas de notación. Para ello remito a la bibliografía al final. Mi interés aquí radica, como queda dicho, en ofrecer el cuadro grande de las LNC (*big picture*) dado que un cuadro semejante no ha sido elaborado hasta ahora de manera sintética en el mundo.

1 Origen y sentido de las lógicas no clásicas

Las LNC nacen, en primer lugar, gracias al propio nacimiento de la lógica como ciencia, esto es, como una ciencia independiente de la filosofía o la metafísica. Y luego, debido a los propios desarrollos de la lógica matemática, emergen las LNC con una dúplice circunstancia: o bien como alternativas a la LFC, o bien como complementariedad a la LFC. Sin embargo, en el centro de los motivos que conducen al nacimiento de las LNC se encuentra el problema: "verdad". Vayamos más lentamente.

Justamente en este sentido, las LNC son igualmente llamadas como sistemas alternativos de notación, en el sentido de sistemas de formalización del lenguaje diferentes a los que permite normalmente la lógica simbólica o la lógica matemática. Otra forma en que son conocidas las LNC es como lógicas filosóficas, divergentes o incluso alternativas. En cada caso, se trata del hecho de que las LNC se ocupan de los problemas filosóficos que la LFC no puede estudiar o resolver; temas tales como el tiempo, la importancia del sujeto cognoscente, los modos y grados de verdad del conocimiento, la importancia de las inconsistencias, con la condición de que no sean triviales, las relaciones entre el mundo macroscópico y el universo microscópico, los cambios epistemológicos que resultan de diversas circunstancias y otros. O bien, en tanto que lógicas divergentes, se trata de abordar y resolver un conflicto con la lógica formal clásica (LFC), y se considera a esta inadecuada en la medida en que el formalismo de la lógica clásica es considerado como excesivo y que determinadas consecuencias no pueden ser acordes con los principios de la LFC. Finalmente, se denominan igualmente como lógicas alternativas debido a que se introducen variaciones, extensiones o

desviaciones con respecto a la consecuencia lógica y a la verdad lógica. Aquí adoptaré la expresión de lógicas no clásicas (LNC) precisamente para designar que se trata de otros modos de verdad, de conocimiento, de realidad que los del pensamiento clásico —en toda la acepción de la palabra—.

La lógica clásica, de origen aristotélico, es concebida por la tradición filosófica como un *organon* del conocimiento, de tal suerte que si se quería tener buena ciencia o filosofía había que —como *conditio sine qua non*— tener un dominio sólido de la lógica. Esta idea encuentra su mejor articulación en el sistema educativo de la Edad Media, centrado en torno al *Trivium* y al *Quadrivium* (era específicamente el *Trivium* el que ofrecía o el que se ocupaba de la lógica). Sin embargo, esta idea en realidad se remonta a los mismos orígenes de Occidente en el primer verso del poema de Parménides: ser y pensar son una sola y misma cosa. Como es sabido por los desarrollos de esta idea, el no ser no es; y si fuera, no lo podríamos pensar; y si lo pudiéramos pensar, no lo podríamos decir. Como colofón, como se sigue de esa tradición: nada entra al ser que no sea el ser y nada sale del ser que no sea el ser. Toda la historia de la metafísica y de esa forma de pensar y de vivir que es la civilización occidental, queda condensadas en las expresiones anteriores. Así, la ontología queda atada a la epistemología, y solo puede pensarse aquello que es. Pues bien, extendiendo esta idea, lo que es, es lo que está-allí, lo que está a la mano, lo dado, lo que aparece inmediatamente (ante la percepción).

Posterior a Aristóteles, en la Edad Media, la lógica atraviesa al *trivium* (gramática, dialéctica y retórica) y al *quadrivium* (aritmética, geometría, astronomía y música) y es, al mismo tiempo, condición para todas ellas. Sin embargo, en rigor, esa historia de la lógica era y fue siempre lógica con metafísica; o, lo que es equivalente, lógica metafísica.

La lógica se empieza a independizar de la metafísica y comienza a nacer en una historia que, comenzando en 1847, con *El análisis matemático de la lógica* y con la *Lógica formal* de De Morgan, prosigue con la *Conceptografía* (*Begriffschrift*) de Gottlob Fre-

ge en 1879, y de manera significativa avanza gracias a que David Hilbert introduce el concepto de "metamatemática" en sus *Grundlagen der Geometrie* de 1899; finalmente, la lógica termina de nacer como ciencia, independientemente de la filosofía, gracias a dos trabajos fundamentales de Alfred Tarski, *El concepto de verdad en los lenguajes formalizados* de 1933 y *Sobre el concepto de consecuencia lógica* de 1936. Estos son los cuatro referentes generales de una historia que abarca alrededor de noventa años y cuyos protagonistas y trabajos son múltiples. Esta historia se encuentra maravillosamente trabajada gracias al texto clásico de Jean van Heijenoort[15].

---

15. Una larga nota de pie de página se impone aquí, que marca los avatares de la ciencia y de la vida. Jean van Heijenoort aparece mencionado por Leonardo Padura en *El hombre que amaba a los perros*. Van Heijenoort era uno de los jóvenes trostkistas que cuidaba a Trotsky de los intentos de asesinato que orientaba Stalin. Como es sabido, el crimen contra Trotsky logra llevarse a cabo. Van Heijenoort se devuelve entonces a Estados Unidos y al cabo del tiempo escribe y publica el que es, sin lugar a dudas, el mejor estudio sobre el nacimiento de la lógica formal clásica: *From Frege to Gödel* (1967) —como lo indica el subtítulo del voluminoso libro: una fuente en la lógica matemática—. En la serie de reflexiones sobre "Qué habría sucedido si…" (*what if…*), si Trostsky no hubiera sido asesinado, y el grupo de trostkistas de diferentes países, entre ellos de Estados Unidos, que lo cuidaban no se hubiera disuelto, la historia de la ciencia en general, y de la lógica en particular se habría perdido de un libro absolutamente imprescindible, el de Van Heijenoort. Es imposible estudiar en detalle el nacimiento de lógica, sin metafísica ya, al margen de ese trabajo.
El libro recoge toda clase de fuentes y documentos necesarios para mostrar el nacimiento de la lógica simbólica: cartas, artículos, libros breves, comentarios, observaciones. Siendo precisos y prolijos a la vez, la pléyade de autores considerados en el nacimiento de la LFC es: Frege, Peano, Dedekind, Burali-Forte, Cantor, Padoa, Russell, Hilbert, Richard, König, Zermelo, Whitehead, Wiener, Löwenheim, Skolem, Post, Fraenkel, Brouwer, Von Neumann, Schönfinkel, Kolmogorov, Finsler, Weyl, Bernays, Ackermann, Herbrand, Gödel y, habría que agregar, Tarski.
Como se aprecia, las mejores mentes en lógica y matemáticas del mundo en su momento tuvieron que ver en el nacimiento de la lógica como ciencia: los nombres citados arriba en el texto central son simplemente los grandes hitos o referentes de una historia que implica bastante más trabajo e inteligencia.

Más allá de una definición puntual sobre lo que sea la lógica y lo que sea un sistema lógico, en la primera parte de este libro ha quedado en claro que la lógica, en sentido amplio, son tres cosas, así: de un lado, la lógica es el estudio de las inferencias o, lo que es equivalente, la lógica es una teoría de las demostraciones. De otra parte, la lógica se caracteriza por su definabilidad, esto es, por la capacidad expresiva del lenguaje. Finalmente, al mismo tiempo, la lógica se ocupa de todos los problemas de computación, y en este sentido, es o implica una teoría de la recursividad. Esta triple caracterización significa que no existe una diferencia grande entre inferencias y verdades lógicas, algo que ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (Kyburg and Teng, 2001), y que las verdades o inferencias lógicas ya no se restringen al lenguaje –artificial o natural-, sino que son inferencias o verdades sobre cualquier cosa en el mundo. Esta historia abarca autores tan importantes como Gentzen, Quine, Kripke, Van Frassen o Kleene.

Puede decirse que la lógica es un sistema de notación, simbolización o cuantificación —tres expresiones distintas pero equivalentes—, que, sin embargo, se queda muy corta frente al lenguaje natural. En este sentido, la lógica formal clásica (LFC) es, o bien demasiado estricta, o bien demasiado laxa para formalizar los enunciados del lenguaje natural. Esto puede ilustrarse con los siguientes ejemplos:

En primer lugar, se trata de una formalización de la lógica del amor; por ejemplo, entre Romeo y Julieta, puede sintetizarse en la siguiente expresión:

$$(A \longrightarrow B) \wedge C$$

Puede traducirse en los siguientes términos: A ama a B, pero C, que puede ser una persona o una circunstancia, se interpone. En el caso de la tragedia de Shakespeare, C hace referencia al hecho de que los dos jóvenes provenían de dos familias distintas con rencillas, recelos y odios anteriores, los Montesco y los Capuleto

Pues bien, el ejemplo de Romeo y Julieta parece ser apropiado para la formalización mencionada, pero no cabe decir, en manera

alguna, que todas las historias de amor se agotan en la expresión formal anterior.

Pero podemos pensar en otro ejemplo. Juan desea almorzar ensalada o hamburguesa, cuya formulación o formalización puede ser:

$$A \longrightarrow B \vee C \qquad (1.1)$$

Sin embargo, la misma formulación puede precisarse de las siguientes formas:

$$(A \longrightarrow B) \vee C \qquad (1.2)$$
$$A \longrightarrow (B \vee C) \qquad (1.3)$$

Y que se puede leer así: Juan prefiere almorzar ensalada o hamburguesa (1.1). Pero que puede muy bien significar, equivalentemente: Juan prefiere almorzar ensalada (B) y si no hay ensalada entonces puede optar por hamburguesa (C) (1.2). Pero existe aún una tercera posibilidad: a Juan le da lo mismo almorzar lo que sea, y puede ser ensalada o hamburguesa ($B \vee C$) (1.3). Como se observa sin dificultad, las tres situaciones no son la misma cosa, es decir, no denotan la misma situación, en modo alguno. Lo que se esconde detrás del uso de los paréntesis en el proceso de elección es la subjetividad; en este caso, las preferencias.

Los dos ejemplos mencionados —el amor, y preferencias en comida— ponen de manifiesto que, en un caso, la formalización es demasiado rígida; y en el otro, muy laxa. Pues bien, es a fin de corregir el exceso de rigidez o de laxitud como emergen los sistemas alternativos de notación, esto es, las LNC.

Pues bien, las LNC emergen como sistemas alternativos de notación, esto es, como lógicas alternativas, a partir del debate de fondo entre sistemas de verdad y sistemas de inferencia, o bien como proyecciones y ampliaciones de problemas filosóficos de base de la LFC y que no pueden ser resueltos con esta. Es decir, toda relación de amor no se agota en la ecuación (1.1) y, asimismo, las ecuacio-

nes (1.2) y (1.3) y (1.4) ponen de manifiesto inferencias o verdades perfectamente disímiles; se trata, como se aprecia, de tres maneras diferentes de apuntar a un mismo hecho, a saber: la complejización de los sistemas de pensamiento y, por consiguiente, de vida y acción. Sencillamente, hemos aprendido a pensar de forma crecientemente compleja. Esta idea aún exigirá varias precisiones, más adelante.

Sin embargo, las LNC puede decirse que nacen debido a que existe un problema fundamental en ciencia como en filosofía, y que ha sido irresoluto. Se trata del problema de lo que sea "verdad". Este problema en ciencia o en filosofía se torna verdaderamente dramático cuando se lo contempla en la vida. La instancia que mejor expresa en la modernidad la clave para entender lo que sea verdadero es la ciencia. Dicho de forma general, la ciencia es el ámbito en el que nace y se afirma verdad. Todo el énfasis de la ciencia clásica en lo que se denomina como "el método científico" consiste exactamente en el asentamiento de las condiciones para poder hablar, finalmente, de las verdades del mundo y de las cosas. Es hacia finales de la modernidad, en el giro del siglo XIX al siglo XX y en las primeras décadas del siglo XX cuando los criterios parecen afinarse. Surgen criterios de demarcación, los llamados a la verificación, la contrastación o la confirmación de teorías (Carnap, Tarski) y ulteriormente la falseación (Popper). Hubo momentos en la historia de la ciencia y la cultura en los que el problema de establecer lo verdadero y lo falso cobró tonos trágicos.

Como quiera que sea, es justamente en este marco como la ciencia clásica desarrolla una dúplice herramienta: de un lado, la filosofía de la ciencia, y, de otro, la lógica (científica; esto es, sin metafísica). Solo que tan pronto emerge la lógica esta se transforma radicalmente dando lugar a las LNC. Paralelamente, la filosofía de la ciencia se reconoce de dos maneras: o bien como la filosofía de la ciencia clásica, o como la filosofía clásica de la ciencia. No otra cosa son Carnap, Popper y en general todo el círculo de Viena. El modelo o el epítome de ambas es la física y, más exactamente, la física clásica. El modelo de una teoría y de un criterio de veracidad

es, así, finalmente, fisicalista (es decir, mecánica clásica y termodinámica del equilibrio)[16].

La ciencia clásica recurrió a estrategias tales como la observación y la descripción, la verificación, la confirmación, contrastación, la falseación y muchas otras. El lenguaje que usa la ciencia para establecer qué es verdad es, cada vez más, la estadística, con sus diferentes expresiones: distribuciones normales, gaussianas, exponenciales, de Poisson, geométricas, gama, beta, de Bernouilli, chi-cuadrado y otras. Es hora de avanzar, por ese mismo camino, o tomar otra dirección.

Todo el nacimiento de la lógica formal clásica pivota, puede decirse, en torno al problema "verdad" y encuentra, ulteriormente, en Tarski, acaso la mejor comprensión alcanzada, a saber: el criterio de verdad como correspondencia. Mucho se ha avanzado en los trabajos sobre filosofía de la lógica; por ejemplo, la discusión acerca de las fronteras entre psicología y lógica, lógica y racionalidad, los límites y las posibilidades de la extensionalidad, las variedades de la cuantificación (Engel, 1991). Pues bien, exactamente en este marco la obra de Kurt Gödel resulta fundamental.

---

[16] La ciencia de punta en general, por ejemplo, la emergencia de las neurociencias y sus diferentes variantes (las neurociencias sociales, por ejemplo), la emergencia de campos de punta aplicados, como la nanotecnología, los logros sobre el grafeno y más recientemente el borofeno; el surgimiento de las ciencias de la vida, y muy especialmente el nacimiento de las ciencias de la complejidad, demandan una nueva filosofía de la ciencia. Existen ya algunos atisbos de una filosofía semejante (Mitchell, 2003). He trabajado este tema en Maldonado (2012d).

Una filosofía de la ciencia, de la complejidad, manifiestamente se aparta de los criterios planteados por Carnap y Popper, especialmente, y consiste en el llamado a nuevas elaboraciones. Esta es una tarea que aún está por cumplirse. Digamos a título general que no es posible el buen avance de una ciencia sin que, paralelamente, se desarrolle una filosofía de la ciencia. Este no fue el caso de la primera revolución científica, pero sí puede y debe serlo en el caso de la complejidad. *A fortiori*, lo mismo puede y debe decirse en el caso de la lógica en general. Este libro quiere, con luces indirectas, ofrecer algunos elementos para allanar este camino.

En efecto, el teorema de la incompletud de Gödel —hay cosas que son verdaderas y no sabemos bien por qué razón lo son— representa el más grande cisma a toda la concepción de verdad en la historia de Occidente, específicamente por sus implicaciones filosóficas (Nagel y Newman, 2017). Digamos, inmediatamente, que muchas de las revoluciones recientes en ciencia, en general, y en lógica, en particular, son verdaderamente decisivas, no tanto por sus afirmaciones, técnicas muchas veces, como por las implicaciones filosóficas. Esto es exactamente lo que sucede, en general, con las LNC: es su rasgo distintivo.

Gödel pone en evidencia que la ciencia y la cultura occidentales han sido eminentemente tautológicas. Esto es, la verdad de un sistema a) se entiende en función de los elementos que componen el sistema o bien b) a partir de la comprensión o definición del propio sistema. Afirmaciones semejantes son simplemente vacías. El predicado no le agrega nada al sujeto que ya no esté contenido en el sujeto. Las LNC se denominan justamente como lógicas filosóficas porque se dan a la tarea de mostrar:

A. Que verdad no se agota en una comprensión bivalente: 1 o 0^{17} y
B. Que existe, consiguientemente, más de una forma de verdad (lógica).

Por otra parte, la semántica de la LFC ha sido comprendida como la semántica del mundo real —del mundo actual, si se prefiere; dicho filosóficamente, la semántica del "ser"— o, también, del mundo en general (*überhaupt*). Esto se comprende muy bien, mediante una dúplice referencia así: del lado de la gramática, se trata del hecho

[17] Exactamente en este sentido y contexto cabe recordar que Gödel se contrapone al formalismo de Hilbert —y del programa hilbertiano— y que consiguientemente sienta todas las bases para un pensar no algorítmico; Wang ha llamado la atención fuertemente en este punto (Wang, 1987; 1996) y, mejor aún, puesto de manifiesto que la opción de Gödel se orienta hacia la importancia de la intuición antes que del razonamiento formal.

de que las LFC no saben de tiempo, y el modo gramatical que adoptó, abierta o tácitamente en toda la historia, fue el modo del indicativo. Ciertamente, el modo del indicativo comprende diversos tiempos, tales como el futuro simple, el pasado simple, el pluscuamperfecto y otros. En cualquier caso, el modo del indicativo hace referencia a lo que está dado, lo que es, lo que acontece, en fin, lo que está-allí ante nosotros (si cabe, heideggerianamente, se trata de lo que está-a-la-mano (*zuhanden sein*) y del ser-ahí (*dasein*)). Esto nos permite pasar a la segunda referencia.

Toda la LFC es lógica del ser —en el sentido preciso que los filósofos le otorgan desde la Grecia antigua: ser y pensar son una sola y misma cosa (Parménides)—. El no ser no es, y si fuera, no se lo podría pensar, y si se lo pudiera pensar, no se lo podría expresar (Gorgias). Ulteriormente, nada entra al ser que no sea el ser, y nada sale del ser que no sea el ser (Platón, Aristóteles, Hegel). Toda la historia de Occidente pivota y se define íntegramente por la pregunta —y la(s) respuesta(s)—, pensamiento de lo que no puede ser de otra forma que como es. Ello define y configura exactamente toda la historia de la ontología y de la metafísica. Y con ellas, además, toda la historia de la humanidad, por lo menos en los últimos 2500 años.

Ahora bien, hablar del ser significa que directa o tácitamente, se omite, se relega a lugares secundarios o simplemente se lo calla, la historia acerca del devenir (Heráclito); y con el devenir, se trata del ocultamiento de las variaciones y cambios del ser; más radicalmente, se trata de las opciones a otras formas de realidad. La historia del ser no sabe absolutamente nada de lo posible; la lógica modal jamás constituyó un motivo serio de reflexión en Occidente, solo, hasta hace muy poco. Pues bien, una de las LNC es la lógica modal, y con ella, mucho mejor, la lógica multimodal.

En otras palabras, dicho en términos más amplios, la historia clásica se trata de la comprensión del mundo y la realidad en términos de estados, relegando a lugares muy secundarios la importancia de la idea de *procesos*. En verdad, Heráclito jamás desempeñó un papel protagónico y ni siquiera el papel de antagonista, y mucho

menos el de actor de reparto, por así decirlo, en la historia de la humanidad occidental. Ni siquiera el marxismo —esto es, el pensamiento dialéctico— tuvo en cuenta jamás a Heráclito. El joven Marx se ocupa, en el mejor de los casos, de Demócrito y Epicuro, pero nunca del Oscuro de Éfeso. Habrá que esperar al siglo XX, cuando Ilya Prigogine recupere, si cabe la expresión, a Heráclito, cuando habla —justamente de la suya propia: la termodinámica del no equilibrio— como de una física del devenir. Más adelante, a comienzos del siglo XXI, otro autor recupera la idea del devenir en todo el sentido de la palabra; se trata de Stuart Alan Kauffman (2016), en el marco de la biología en general, y del entronque entre biología y complejidad, en particular.

En contraste, la semántica de las LNC es la semántica de un mundo posible —o de mundos posibles—, no ya simplemente se interesan por el mundo real o actual. En otras palabras, las LNC se ocupan antes que de realidades de posibilidades, y por extensión, en relación al marco filosófico que se acaba de mencionar, son lógicas de sistemas abiertos, no deterministas ni reduccionistas; y, por consiguiente, manifiestamente no mecanicistas. Esto exactamente es lo que denota el concepto o la idea misma de devenir. Simple: mientras que el ser carece de posibilidades, el *devenir* es el *proceso* y la lógica misma de las posibilidades. Sin ambages, cabe destacar aquí un tercer eslabón, por así decirlo, que permite integrar las LNC con las ciencias de la complejidad.

Esta idea puede ser presentada de otra manera. Decir que la semántica de las LNC es la semántica de los mundos posibles equivale a afirmar que lo real en general puede ser comprendido tan solo como un momento o un subconjunto de un conjunto inmensamente mayor que lo comprende y lo hace posible. Me refiero, justamente, a la dimensión de las posibilidades. De esta suerte, pensar con la ayuda de —o sobre la base de— las LNC no es otra cosa que pensar en posibilidades; introducirle al mundo lo que el mundo no tiene: posibilidades. Esto es exactamente equivalente a complejizar el mundo, la realidad y la naturaleza. La complejidad es ante todo el trabajo

con posibilidades, en otras palabras, es el trabajo con puntos críticos, estados críticos —por tanto, con los temas y problemas de subcriticalidad y supracriticalidad— y con espacios de fase y transiciones de fase, por ejemplo. Dicho de forma escueta y para contrastar: mientras que la ciencia clásica es ciencia de la realidad, las ciencias de la complejidad —que constituyen, en realidad una de las mejores expresiones de la ciencia de punta contemporánea— son ciencias de posibilidades; digámoslo de manera puntual: ciencia de *procesos* —cambios, transformaciones, caos, catástrofes y demás—.

Pues bien, nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades. La LFC no contribuye para nada en este sentido. Todas las condiciones están dadas en favor de las LNC.

Ahora bien, quisiera subrayar la idea según la cual las LNC implican pensar de entrada en posibilidades. Esta idea no quiere significar otra cosa sino que el devenir abre las puertas, de par en par, a la idea más difícil para toda la humanidad occidental, a saber: la idea de que existe la contingencia, el azar, la aleatoriedad. Bien vale la pena hacer explícito lo que subyace en esta idea. El azar, la contingencia o la aleatoriedad desempeñan un papel positivo —creativo, digamos— en la dinámica y la estructura del mundo. Por tanto, en su inteligibilidad. Volveremos sobre esta idea al final de este estudio, especialmente al considerar la lógica cuántica. Como es sabido, la física cuántica es física que sabe de azar, aleatoriedad, contingencia, en contraste marcado tanto con la mecánica clásica como con la teoría de la relatividad.

El azar o la contingencia, acaso el último de los problemas de la lógica en general, es el último quizás de los problemas que dan qué pensar —tanto en ciencia como en la vida—.

Más exactamente, la idea de devenir se contrapone, absolutamente, a la idea de determinismo, y de forma más radical a la noción de inevitabilidad y fatalidad. Nadie se baña dos veces en el mismo río; ello quiere decir que el devenir implica la idea de indeterminación y apertura. En la metáfora heraclítea del río, este puede tener —como efectivamente sucede en la realidad— distintos rápidos: un rápido

uno, un rápido tres, y así sucesivamente hasta un rápido cinco. La corriente siempre puede ralentizarse o bien acelerarse, y existen peñas, curvas, rocas y desvíos que tornan a la corriente en un proceso complejo, no uniforme, regular ni lineal.

En el lenguaje del caos, de otra parte, la mariposa de Lorenz expresa exactamente la misma metáfora: un sistema caótico jamás recorre dos veces la misma trayectoria. Cada fenómeno o sistema que exhibe caos y que es por tanto susceptible a un atractor extraño sufre de amplificaciones, que son las que impiden que recorra dos veces el mismo camino. Heráclito o Lorenz, dos perspectivas equivalentes.

La noción de devenir —eso: una noción, no precisamente un concepto— implica creatividad e innovación; mejor aún, la idea misma de proceso. Bien entendido, el devenir, lo determinante del devenir, para volver a la imagen del río, el origen del río acaso en lo alto de una montaña, es que no desemboca necesariamente en el mar. El devenir no tiene comienzo ni tampoco final. Mucho mejor que un ciclo, se trata de un comportamiento esencialmente abierto e indeterminado. Es, si cabe usar una expresión clásica, en permanente *status nascendi*. El devenir está naciendo continuamente, y, también, permanentemente se está transformando, y en consecuencia no conoce final definitivo y concluyente. La historia de la humanidad occidental jamás pensó propiamente la idea de devenir, en este sentido, excepto acaso con cuatro figuras, todas disímiles entre sí: Heráclito de Éfeso, Nietzsche, Prigogine y Kauffman.

En otras palabras, la noción de devenir —una metáfora, más que un concepto o una categoría— implica y se corresponde al mismo tiempo con la idea de sistema(s) abierto(s) —con seguridad una de las ideas fundacionales de la complejidad—. El devenir es un proceso incesantemente abierto, y jamás cerrado ni tampoco aislado. Pues bien, cabe aquí un reconocimiento explícito de orden epistémico, a saber: la condición para (poder) ver sistemas abiertos en el mundo, la naturaleza y la realidad consiste en tener una estructura de mente abierta. Algo que, de cara a las características de toda la cultura y civilización normales habidas, es sumamente difícil de alcanzar.

En otras palabras, a la existencia de sistemas abiertos le corresponde como condición necesaria una estructura abierta de mente.

Quisiera decirlo entonces de otras formas diferentes, pero equivalentes. Pensar la vida, pensar el devenir y pensar en posibilidades corresponden a tres momentos o tres formas equivalentes. Este constituye justamente el motivo de este libro. Y las LNC son más que idóneas al respecto.

2 Inferencias y tipos de inferencia

En lógica en general, y en las LNC en particular, el estudio de las inferencias constituye un capítulo central. Como es sabido, existen numerosos tipos de relaciones en lógica; por ejemplo, relaciones de inclusión, de exclusión, de negación y muchas otras. Pues bien, de todas las relaciones, la más importante es la relación de implicación.

Una observación puntual se impone aquí. En inglés existe una diferencia entre *implication* y *entailment*. Una distinción semejante no existe en español. Ambos términos significan implicación o inferencia (en inglés existe también el término *inference*). Sin embargo, el primero es bastante más débil que el segundo. Etimológicamente *entailment* tiene en su raíz: *tail*, que da la idea de una implicación fuerte, puesto que significa "cola"; tenemos, sin lugar a dudas, una relación más orgánica (como cuando se habla de la cola de un gato o un perro, por ejemplo). Pues bien, ampliamente, el tipo de inferencia o implicación que interesa en lógica se designa mediante el segundo término mencionado, y no mediante el primero[18].

Dicho en términos básicos, lo que interesa en lógica es establecer en la relación A —› B, si A implica fuerte, débil, contingente o necesariamente a B; o bien, inversamente, si B se sigue probabilística, aleatoria o necesariamente, por ejemplo, de A.

---

[18] Este mismo problema se plantea en otro plano, a saber, el de las explicaciones científicas. En inglés existe la distinción entre *explanation* y *explication*, una distinción importante en el campo de la metodología y de la filosofía de la ciencia. El primero es más discursivo; el segundo, en contraste, es el que propiamente le interesa a la ciencia. Esta diferencia no existe en español.

Muchas de las LNC tienen como problema específico establecer que hay modos diversos de implicación. En todos los casos, se trata de atender al hecho, inmensamente sensible, de que lo verdaderamente relevante es que, en muchas ocasiones, no existe una implicación directa y necesaria, sino implicaciones de otro tipo. La inteligencia o la trivialidad se juegan por entero en este terreno. Un buen pensar atraviesa transversalmente por este dominio. Dicho de manera genérica, las implicaciones difíciles pero inteligentes son las inferencias indirectas.

Las inferencias son de distinto tipo. De un lado, las *inferencias transductivas* son aquellas en las que la conclusión tiene el mismo grado de generalidad o de particularidad que las premisas, de tal suerte que la novedad del conocimiento obtenido consiste en transferir las relaciones establecidas entre el término medio y los extremos, formulándola como relación entre los términos extremos.

Las inferencias transductivas comprenden a su vez a las inferencias por igualdad, las inferencias por simetría, las inferencias por homología, las inferencias por desigualdad, las inferencias por vinculación, las inferencias por referencia, las inferencias por analogía.

Como se aprecia, contrariamente a la creencia o al uso generalizado, existen inferencias importantes, digamos, por sutiles o por finas. Manifiestamente, una inferencia por homología, por ejemplo, es bastante más refinada que una simple inferencia directa. La vida cotidiana en general y la ciencia normal en general se vehiculan casi exclusivamente por medio de inferencias directas.

De otra parte, las inferencias inductivas se caracterizan por que las conclusiones obtenidas tienen mayor grado de generalidad que las premisas.

Las inferencias inductivas pueden, a su vez, ser de trece tipos, así: inferencia por enumeración completa, por coligación, por inducción matemática, por recurrencia, por reconstrucción, por inducción amplificadora, por muestreo, por estadística, por concordancia, por diferencia, por concordancia y diferencia, por residuo, por variaciones concomitantes.

Análogamente a lo que sucede con las inferencias transductivas, las propias inferencias inductivas son ampliamente sugerentes desde numerosos puntos de vista. Por decirlo de manera recatada, por lo pronto, debe ser posible elaborar (es decir aprender a pensar) por ejemplo por medio de inferencias de concordancia o de valores concomitantes. Unas variedades enormes de campos pueden beneficiarse de estas observaciones; entre otros, la estadística en general, la física y la biología, la política y la sociología, entre otras.

Las LNC, como se verá en los capítulos siguientes, constituyen una apropiación y una transformación o enriquecimiento del tema de las inferencias o las implicaciones. La manera más básica pero también general de afirmar esto es que las LNC constituyen un rechazo franco de la trivialidad. Las inferencias directas son triviales, e implican un estado mental bien determinado, a saber: ver lo evidente, decir lo evidente, en fin, adoptar ante el mundo en general una actitud meramente descriptiva. Las buenas explicaciones son aquellas que logran entrever matices, sutilezas, continentes no vistos, en fin, literalmente, cisnes negros. Las inferencias que abren las puertas a las LNC, por así decirlo, son aquellas reunidas bajo los títulos de inferencias inductivas y transductivas. Por decir lo menos, es sorprendente que, en las clases de lógica, filosofía, metodología de la investigación, matemáticas o complejidad haya un silencio generalizado sobre estos tipos de implicaciones.

Al lado de las inferencias inductivas y las transductivas cabe mencionar, igualmente, las inferencias abductivas. Se trata de aquellas implicaciones que se elaboran a partir de determinadas observaciones pero que no son concluyentes o taxativas. Mejor aún, son conclusiones plausibles pero que no se logran verificar, e incluso no lo requieren, positivamente. En estas inferencias quedan rezagos de incertidumbre o de duda que no es necesario que terminen en certeza total.

Como se aprecia, la inteligencia radica, en este plano, en la capacidad de captar claroscuros, umbrales, juegos de *degradé*, y no simple y llanamente valles y montañas. O bien, para decirlo de otra manera, la verdadera inteligencia consiste en explorar *terras incog-*

nitas, mares desconocidos, dimensiones inexploradas e impensadas. Heráclito: solo quien espera lo inesperado hallará.

Pues bien, la idea de Heráclito puede ser adoptada en una dúplice dirección. De un lado, se trata, literalmente, de atender a lo inesperado, y solo quien espera lo inesperado hallará lo que busca, o lo que existe. De otra parte, sin embargo, al mismo tiempo, se trata del hecho de que quien no busca expresamente a x nunca lo verá, precisamente porque no lo ha buscado.

Mientras que en el primer sentido la clave parece consistir en tener una estructura de mente abierta, en el segundo sentido se trataría de afinar el oído o la mirada o el olfato, por ejemplo, a fin de ver lo que se está buscando pues lo que se ve es exactamente aquello por lo que se indaga. Podemos decir que ambas actitudes son complementarias en el sentido preciso de la física cuántica. Es decir, cuando sucede la una no tiene lugar la otra, pero para una sensibilidad refinada o un pensar profundo, una de las dos opciones tiene efectivamente lugar; y en cualquier caso, se produce un alejamiento de lo inmediatamente evidente, de lo que está-allí, en fin, de lo banal y lo vulgar.

Establecer inferencias o implicaciones es un asunto de la máxima importancia, específicamente porque de lo que se trata es del tipo de causalidad existente, o bien, inversamente, de las consecuencias de determinadas premisas. Las implicaciones estatuyen nexos fuertes entre antecedente y consecuentes, y en numerosas ocasiones exponen las consecuencias de razonamientos, argumentos o acciones.

Frente a este panorama de inferencias o implicaciones vale la pena señalar de manera puntual lo siguiente: la lógica clásica, incluida la lógica de primer orden, tan solo se preocupa por las inferencias deductivas. La deducción es el tipo de razonamiento clásico predominante en la historia de la civilización occidental.

3 Monotonicidad y no monotonicidad de la lógica

La distinción entre lógicas monotónicas y lógicas no monotónicas es determinante para entender el sentido de las LNC y al mismo tiempo el trabajo de relación con los sistemas sociales. Propiamente hablando las lógicas monotónicas son la LFC y, dicho genéricamente, la mayoría de las lógicas en el mundo, en sentido laxo pero incluyente. Se trata de la clase de lógicas en las que nueva información no puede invalidar información previamente adquirida, ni tampoco reducirla. Dicho de forma más puntual, la hipótesis de cualquier hecho derivado puede ser extendida libremente con supuestos adicionales. Se habla entonces, en rigor, de monotonicidad de la implicación. Es el caso de la lógica simbólica, la lógica matemática, la lógica proposicional o la lógica de predicados.

Por el contrario, las lógicas no monotónicas son justamente aquellas en las que nueva información puede invalidar información anteriormente aceptada, o bien puede reducirla; este es el carácter propio de la inmensa mayoría de LNC. Otra forma de referirnos a lo mismo es como: las lógicas de orden superior.. La no monotonicidad sucede en la consecuencia lógica, es decir, en la relación de implicación. El tema sensible, sin embargo, es el de la forma como se lleva a cabo el tránsito de la nomonotonicidad a la monotonicidad; esto es, la posibilidad de, al agregar fórmulas a una teoría o un conjunto de enunciados, se produzca una extensión de la implicación; más brevemente, un enriquecimiento en la teoría o en los enunciados de que se trata.

En la vida, como en ciencia, en numerosas ocasiones revisamos nuestras propias creencias. Por ejemplo, escuchamos, leemos, pensamos y algunas de las creencias previamente asumidas se ven

revisadas, parcial o definitivamente. Asimismo, notablemente en la academia y en ciencia, con frecuencia estamos actualizando nuestras informaciones (*updating*), consciente o inconscientemente. El proceso de aprendizaje jamás termina y, cuando nos situamos en la punta del conocimiento, el proceso mismo de actualización de información es algo que jamás se detiene. La juventud tiene que ver exactamente con la capacidad de aprendizaje y de permanente actualización de información y conocimientos.

De la misma manera, con frecuencia llevamos a cabo actos de reflexión contrafácticos; es decir, del tipo:

$$A \longrightarrow B \qquad (2.1)$$
$$\neg A \qquad (2.2)$$
$$¿B? \qquad (2.3)$$

Es decir, A implica a B pero sucede que no es el caso que A (por supuesto); entonces, ¿qué sucede con B?

En situaciones cotidianas o en otras escalas acaso más abstractas, consideramos ocasionalmente que el o los antecedentes de un acontecimiento no tendrían o hubieran tenido lugar, como una forma para elaborar variaciones acerca de las posibilidades que hubiesen podido suceder con respecto a B. Estas elaboraciones son más o menos formales, más o menos rigurosas. Lo cierto es que cumplen la función de introducir conclusiones que no se corresponden de forma lineal y necesaria con las premisas introducidas, de suerte que existen entonces variaciones o cambios de nueva información[19]. Dos condiciones son indispensables para un buen trabajo con contrafácticos: mucha información y muy buena imaginación. Lo primero porque la creación de mundos alternativos (*what if…?*) requiere mucha información a fin de que los mundos alternativos considerados sean

[19] Para una visión crítica de la lógica de contrafácticos, revisar R. J. Evans, *Contrafactuales. ¿Y si todo hubiera sido diferente*?, Madrid, Ed. Turner, 2018.

plausibles y verosímiles; no basta con un esbozo grueso y barato. Y lo segundo debido a que la creación debe estar bien fundada, y no ser el resultado de caprichos o preferencias de algún tipo (por ejemplo, políticas, tecnológicas u otras).

En este mismo sentido, en otras ocasiones los seres humanos llevan a cabo directivas condicionales, que son juegos o variaciones, por ejemplo, del tipo: "A ⟶ B; pero (y) si A ⟶ C; o bien y si ¬ A ⟶ ¬ C". Esta clase de situaciones no trabajan con los hechos tal y como son dados, sino con variaciones de estos. El modo del condicional introduce posibilidades a la forma misma del modo condicional, optativo, potencial o subjuntivo, en cualquier acepción de la palabra.

En cualquiera de los casos anteriores, lo cierto es que las conclusiones no se siguen de manera deductiva, en el sentido preciso de la palabra, a partir de evidencias (por ejemplo, notablemente, de manera axiomática). Por el contrario, se trata de conclusiones que implican procesos y fenómenos tales como conjeturas, variaciones de la imaginación, cuestionamientos y la posibilidad de que las cosas sean o puedan ser de otra manera; incluso, manifiestamente, admiten de entrada la posibilidad de que haya —en el mundo y/o en los razonamientos— errores, equivocaciones. Pues bien, estas constituyen exactamente a la vez las características y las fortalezas de la monotonicidad.

4 Una nota puntual

De acuerdo con un especialista en la historia de la lógica formal clásica, la lógica se articula —de entrada— en un panorama que comprende tres dominios básicos para el conocimiento. Estos son: la lógica, la metodología y la heurística (Bochenski, 1985). En un sentido filosófico puede decir que, *mutatis mutandi*, esta idea cabe igualmente en el marco de las ciencias de la complejidad y de las LNC. Con una observación puntual: en complejidad no existe *un* método, y mucho menos *el* método. Por el contrario, hablamos de un pluralismo metodológico. En lugar de hablar de heurística en complejidad sabemos de las metaheurísticas, y a cambio de una sola y predominante lógica conocemos de un pluralismo lógico. Sin embargo, filosóficamente, sí es cierta la unidad de problemas y de intereses que conforman lógica, metodología y heurística.

La lógica se ocupa de las condiciones de validez que sientan las bases para poder hablar, posteriormente, de verdad. La metodología se encarga de estudiar cómo es posible llegar a la validez y ulteriormente a la verdad. Por su parte, la heurística se ocupa de cómo son posibles conocimientos novedosos que permitan un acercamiento a validez y a verdad.

5 Las ciencias de la complejidad y las LNC

Cabe decir legítimamente que las LNC son una de las ciencias de la complejidad. Lo sorprendente, sin embargo, es que ni la comunidad de complejólogos en general sabe nada acerca de las LNC, ni tampoco, del otro lado, los lógicos en general poco y nada saben de complejidad. Me propongo trazar el puente entre ambos dominios, un puente hasta ahora inexistente.

Si, de una parte, las ciencias de la complejidad se ocupan de fenómenos de complejidad creciente, asimismo las LNC implican la idea de irreductibilidad lógica —por tanto de verdad y/o inferencias—. La noción de pluralidad unifica y sostiene el diálogo (posible o real) entre complejidad y lógica.

Pero, ¿cuál es la especificidad del aporte de las LNC a la complejidad, diferente a la ciencia del caos, a la teoría de catástrofes, a la termodinámica del no equilibrio y demás? A la diversidad, emergencia y no linealidad de los sistemas complejos, las LNC agregan una pluralidad de modos de verlos, lo cual aumenta la visión prismática de la realidad y la naturaleza, descubriendo matices, gradientes, claroscuros, y variaciones de verdad y veracidad acerca de la sociedad y el universo. O bien, dicho de forma negativa, se trata de evitar el reduccionismo —lógico, epistémico, metodológico o de cualquier otro tipo—.

Estas, sin embargo, son relaciones virtuales y mi propósito es actualizarlas. En este sentido, las LNC permiten una ventana más amplia, por así decirlo, para el estudio de las dinámicas no lineales propias de las ciencias de la complejidad. La figura 4 ilustra, *grosso modo*, el tipo de relaciones.

Figura 4. Relaciones entre las LNC y las ciencias de la complejidad
Fuente: elaboración del autor.

La figura 4 muestra a la izquierda algunos de los conceptos, problemas, fenómenos o características de las ciencias de la complejidad. Y a la derecha, correspondientemente, algunas de las LNC más destacadas. Sin embargo, debe ser evidente que no existe una correspondencia uno a uno de un conjunto al otro, y que, por el contrario, los vínculos son múltiples, incluso indirectos, y con varias correspondencias. Lo que sí es posible sostener es que existe una relación biunívoca o de doble correspondencia entre las ciencias de la complejidad y las LNC, que es exactamente en lo que consiste la figura 4.

Dicho por vía de contraste, cabe decir que la ciencia normal —incluida por consiguiente la ciencia clásica— se caracteriza culturalmente por un rasgo preciso: la determinación. Así, es propio de la ciencia normal hablar de "la" ética, "la" política, "la" matemática, "la" ciencia o "el" arte, por ejemplo. Pues bien, correspondientemente, habla de "la" lógica. Como si en cada caso hubiera una sola

o fuera posible tan solo una[20]. Pero, si un rasgo fundamental de un sistema complejo es la multiplicidad irreductible (en cualquier sentido), entonces cabe pensar y trabajar por tanto con el espectro de sistemas plurales, diversos, múltiples, incluso muchos de ellos no congruentes. En el tercer capítulo ampliaremos esta idea.

Gracias a cada una, en unos casos; gracias a un conjunto de relaciones particulares, en otros casos; y globalmente, en virtud del panorama amplio de las LNC, la comunidad de complejólogos puede ganar enormemente en grados de libertad epistémicos y metodológicos, de lenguaje y aproximaciones. Quisiera decirlo de manera franca y directa: en una amplia mayoría, los complejólogos trabajan con métodos analíticos. Así, por ejemplo, parametrizando, con algortimos, mediante la constante de Lyapunov, el análisis de Fourier, funciones booleanas, el análisis complejo, y otras[21]. Pues bien, las LNC permiten tomar distancia frente a la tendencia –más bien generalizada- de usar métodos analíticos, lo cual, en rigor consiste en lo siguiente: hay científicos y académicos que ven la complejidad, pero la matan, trabajándola en términos clásicos; eso, justamente, analíticos. Generalmente la justificación es la de "para efectos prácticos" y otros semejante. Tácitamente, lo que opera generalmente es un argumento del tipo *ceteris paribus*, que es, en realidad, la antípoda de la complejidad. Un procedimiento semejante es, sencillamente, en últimas, trivial.

Hay que decir, por lo demás, que uno de los problemas más difíciles, en ciencia como en la vida, es el de distinguir lo trivial de lo no trivial. Trivial es todo aquello que es inmediatamente claro y

---

20. Las consecuencias en el plano social son inmediatamente evidentes: solo existe y es posible "la" religión, "la" economía, "el" Estado, "el" ejército, "la" policía, "la" Iglesia, etc.

21. Cfr., por ejemplo, Tan, L.-Y., "Analytic methods in concrete complexity", Ph.D. dissertation, Columbia University, disponible en: http://www.cs.columbia.edu/~liyang/thesis-intro.pdf. La literatura al respecto es amplia.

que, por consiguiente, no resulta interesante. De manera global, un fenómeno trivial es en general cualquiera que es simple, en el sentido primero de la palabra.

La tabla 3 ilustra en términos generales esta dificultad.

Tabla 3. Distinciones entre lo trivial y lo no trivial

TRIVIAL	NO TRIVIAL
Uso de afirmaciones universales	Afirmaciones particulares o singulares
Empleo de implicaciones directas	Implicaciones indirectas, paralelas, libres…
Uso de herramientas comunes	Creación de nuevas herramientas y aproximaciones

Fuente: Elaboración del autor.

Es trivial el uso de afirmaciones universales, justamente del tipo de los cuantificadores clásicos de la lógica: todos, nunca, siempre, nadie. Se trata de generalizaciones que carecen finalmente de referente y de significante. Asimismo, es trivial el uso de implicaciones directas, del tipo: A —› B, en donde B se sigue directa, y en muchos casos, necesariamente de A. Es el caso cuando se infieren (rápidamente) cosas, por ejemplo, sin el recurso a datos, o sin estudio de los datos aportados[22]. Esto es propio tanto al sentido común

22. Recientemente, y en el contexto específico de la analítica de datos, en el marco amplio de la ciencia de grandes bases de datos, numerosas falacias han sido identificadas relativas al manejo de datos. Se trata, entre otras, de las falacias de falsa causalidad, las preferencias en el muestreo, la falacia del apostador, la regresión hacia la mediana, la paradoja de Simpson, la preferencia de supervivencia, y otras. Esta observación apunta al reconocimiento de que incluso en el manejo de datos existen errores lógicos que no garantizan que el hecho de que se trabaje con datos convierta un argumento en lógico o racional.

como a la ciencia normal. De la misma manera, es trivial, el empleo de herramientas comunes, incluso el conocimiento y uso de herramientas y técnicas por muy refinadas que estas sean.

En contraste, como se aprecia, es no trivial el uso de afirmaciones particulares y singulares. Esto da lugar justamente a algunos de los cuantificadores de las LNC, tales como: "algunas veces", "en ocasiones", "no siempre", "hay momentos en que", "algunas personas", "hay grupos que", y demás.

En este mismo sentido, es no trivial el empleo de inferencias que no sean en ningún caso directas, tal y como se observó en un capítulo anterior[23]. Y, de manera conspicua, es característico de la ciencia o el arte de punta, por ejemplo, el desarrollo o creación de nuevos lenguajes, acuñar nuevos conceptos, introducir metáforas o símiles nuevos. Introducir de manera creativa metáforas y tropismos novedosos, en fin, la innovación de herramientas y técnicas que anteriormente no existían. La historia de la ciencia es prolífica en ejemplos al respecto. Por ejemplo, desde Galileo hasta Curie, o desde Vesalius hasta Hubble, entre muchos otros ejemplos. Por ejemplo, en la historia reciente, Galileo mejora el telescopio, Spinoza pule vidrio para ver mejor, Newton, Leibniz o Feynman se dan a la tarea de crear nuevas matemáticas para explicar los fenómenos nuevos de que se ocupan; los diagramas de Feynman caben perfectamente en este lugar.

De esta forma, como se aprecia, las ciencias de la complejidad y las LNC confluyen en el interés por problemas abiertos, en el reconocimiento de la importancia de la indeterminación, en el papel de la incertidumbre y en no descartar sin más el azar, la contingencia o la aleatoriedad, como algunos de los eslabones más sólidos que sostiene y hacen posible el encuentro entre ambas dimensiones. Dicho negativamente, se trata de un rechazo mutuo a cualquier tipo de reduccionismo, de mecanicismo o de determinismo y, consiguiente-

23. Cfr. capítulo 18.

mente, el llamado a concentrar la mirada en los matices, antes que en los extremos, planos siempre, por definición. Matices, motas, gradientes… todo ello invita a refinar altamente la mirada o el oído y, en fin, el espíritu.

Dicho de otra forma, es distintivo de las LNC introducirle a la complejidad una multiplicidad de sistemas de deducción, cuantificadores diferentes a los clásicos o formales —llamados en particular cuantificadores particulares (Gabbay *et al.*, 2009)—, una pluralidad de criterios de verdad[24] y una gama amplia y dinámica de factores en los que el tiempo, los matices, los pliegues y los intersticios no son asuntos menores en el estudio de los sistemas de complejidad creciente.

Dicho de forma franca y directa: las ciencias de la complejidad ganan en robustez epistémica gracias al abanico de las LNC, y si ya lógica no es más un *organon* del conocimiento, con tanta mayor razón enriquece el ámbito de las ciencias de la complejidad de manera notable gracias precisamente a la pluralidad que constituye las LNC. Hay que decir, por lo demás, que se trata aquí de una idea meramente indicativa por cuanto no existe, en absoluto, una uniformidad ni una única escala al interior de las LNC.

---

[23] Algo que puede hacer que los más conservadores y dogmáticos se revuelquen, no sin razón, desde su punto de vista.

6 Algunas lógicas no clásicas

6.1. La lógica cuántica

El fundamento o el punto de partida para la lógica cuántica es la física cuántica. Pues bien, en su acepción más generalizada, la física cuántica se ocupa del universo microscópico, más exactamente del mundo subatómico. Por su parte, la física que se ocupa del universo macroscópico es la teoría de la relatividad[25]. Pues bien, la lógica cuántica se encarga de estudiar si lo que sabemos de una escala del universo o de la realidad se corresponde y cómo —y si no, por qué— con la otra escala.

La forma clásica de denominar a las dos dimensiones del universo es afirmando que la escala macroscópica es clásica o que corresponde al mundo clásico, en tanto que la dimensión microscópica es esencialmente cuántica. La búsqueda de una teoría unificada de la teoría de la relatividad y de la física cuántica constituye todo un programa de investigación, hasta la fecha, abierto o inconcluso. Existen diferentes propuestas al respecto, tales como el caos cuántico, la teoría de branas y de M-branas, la teoría de cuerdas, la teoría de bucles cuánticos y la gravedad cuántica.

---

[25] Esta idea generalizada no es cierta, sin embargo. La física cuántica estudia también fenómenos o comportamientos cuánticos en la escala macroscópica. Una manera más adecuada de plantear la cuestión es afirmando que la física cuántica se ocupa de tiempos microscópicos, los cuales son vertiginosos; por su parte, la teoría de la relatividad se concentra en tiempos macroscópicos, que son muy lentos. Al respecto, revisar. Maldonado (2019).

Queda, por consiguiente, planteado un problema: el mundo, la realidad, el universo ¿son clásicos, exactamente en el sentido señalado por la lógica aristotélica según la cual es imposible que una cosa sea lo que es y al mismo tiempo otra (principio de tercero excluido)? O bien, por el contrario, ¿el universo y la realidad son cuánticos?[26] Lo que habitualmente se afirma es que el mundo clásico es el resultado de efectos o de comportamientos cuánticos. Este problema se encuentra en el centro de la ciencia de punta actual y configura medularmente a la lógica cuántica.

Digamos de manera puntual y directa que el universo es cuántico, y que la física cuántica —en realidad valdría mejor decir la teoría cuántica, puesto que incluye a muchas otras ciencias y disciplinas además de la física— es de lejos la mejor teoría jamás desarrollada en la historia de la humanidad para explicar la naturaleza, el mundo o el universo.

Como quiera que sea, la lógica cuántica, formulada originariamente por Garrett Birkhoff y John von Neumann en 1936, tiene varios desarrollos, entre los cuales, sin la menor duda, cabe destacar la interpretación desarrollada por Van Fraasen de la lógica cuántica como un lenguaje semi-interpretado (1970), la semántica de Kripke, y la orto-lógica, que es una traducción de una lógica cuántica débil, que se debe a Goldblatt, en 1977.

La preocupación constitutiva de la lógica cuántica se basa en el reconocimiento explícito de que esta lógica es la lógica del mundo empírico, análogamente a como los estados de la mecánica cuántica corresponden a los estados —y comportamientos mismos— del universo y de la realidad. Así las cosas, el problema de base radica en establecer el modo mismo de la realidad, en correspondencia con los principios o conceptos específicos de la física cuántica.

---

26. Quizás, a la fecha, la versión más reciente de esta última interpretación puede verse en Ball (2018).

En otras palabras, la lógica cuántica establece una coherencia conceptual entre diferentes escalas o dominios de comportamientos cuánticos, así: entre la propia lógica cuántica, la probabilidad cuántica y la mecánica cuántica. ¿"Cuanto" o "cuántico" tienen el mismo significado o extensión? ¿Cómo se relacionan con el mundo empírico de todos los días?

La lógica cuántica nace, por tanto, con una preocupación, que es la de establecer qué estructura lógica posee el mundo en general, en teorías que, como la mecánica cuántica, no se ajustan a la lógica formal clásica. Esto es, no existe identidad, causalidad, tampoco se basa en la fuerza de la percepción natural, admite contradicciones, sabe de incertidumbre en lugar del valor binario de la LFC, y otros rasgos semejantes y próximos. Sin la menor duda, la lógica cuántica es una de las más radicales alternativas a la LFC en cualquier acepción de la palabra o en cualquier interpretación de esta.

La mecánica cuántica admite más de quince interpretaciones distintas. El núcleo del problema radica en entender exactamente y en explicar la que es al mismo tiempo la mejor teoría jamás desarrollada y la más extraña. Por esta razón numerosas interpretaciones se han ido desarrollando. Pues bien, la lógica cuántica es una de las interpretaciones de la mecánica cuántica, algo que los propios físicos desconocen, sorpresivamente.

De suerte que, propiamente hablando, la lógica cuántica quiere ser la lógica del mundo real —llamado a veces también como mundo empírico—. Técnicamente, la lógica cuántica implica el tránsito de un cálculo proposicional clásico a un cálculo proposicional con una estructura no clásica. Exactamente en este sentido, la lógica cuántica es una lógica no clásica. Es en el nivel del cálculo proposicional que emergen las características propias de la esta LNC.

El cálculo proposicional —en ocasiones también llamado como lógica proposicional, lógica sentencial, cálculo sentencial, o incluso lógica de orden cero— se ocupa sencillamente de las proposiciones y del flujo argumentativo; esto es, cómo unas proposiciones se conectan con otras gracias a conectores (lógicos).

Desde este punto de vista, la lógica cuántica se ocupa básicamente de la coherencia conceptual de diferentes comportamientos y fenómenos que son "cuánticos"; esto es, que se caracterizan, entre otras propiedades, por no localidad, ausencia de causalidad, superposición, complementariedad e incertidumbre. Es exactamente en este punto en el que la lógica cuántica se concentra en comprender la lógica, la probabilidad y la mecánica de los fenómenos y comportamientos llamados cuánticos.

Como se aprecia, la lógica cuántica emerge y al mismo tiempo hunde sus raíces en sistemas y estados cuánticos, en todo el sentido de la palabra —comprende entonces a la biología, la química, la física, las nuevas tecnologías e incluso las propias ciencias sociales—.

Cabe señalar, consiguientemente, que, por sus características, la lógica cuántica se contrapone a la lógica positiva, la lógica mínima y la lógica intuicionista, en virtud de las propias características de los sistemas cuánticos. Así las cosas, la semántica resulta determinante en esta lógica, y así, ella se convierte, como de hecho todas las LNC, en una lógica concreta, y no ya simplemente formal. Más exactamente, se trata, aquí, de una semántica no clásica.

Ahora bien, es de señalar que no existe una sola lógica cuántica, sino varias. Este es un tema técnico que puede aquí ser obliterado (análogamente a lo que acontece en el caso de las lógicas paraconsistentes). Sí cabe decir, sin embargo, que se trata de una lógica cuántica polivalente (se ha hablado incluso en ocasiones de la lógica cuántica como una lógica infinivalente; en rigor, sería la única lógica infinivalente, a la fecha), una lógica cuántica modal e incluso multimodal, e incluso de una lógica cuántica formal.

Finalmente, cabe decir que la lógica cuántica existe en dos formas básicas: como lógica cuántica abstracta, la cual se denomina también como lógica orto-modular, y como lógica cuántica concreta, que recibe también el nombre de lógica de Hilbert, en referencia a David Hilbert.

6.2. La lógica deóntica

Como varias de las LNC, la lógica deóntica tiene un origen y un paralelo fuerte con la lógica modal. Mientras que la lógica modal trata de conceptos como lo posible, lo imposible y lo necesario, la lógica deóntica se ocupa de los conceptos de lo permitido, lo prohibido y lo obligatorio. Como se aprecia fácilmente, existe un paralelismo uno a uno en cada uno de los conceptos de los dos grupos de lógica mencionados.

Esta lógica se encarga de un hecho en el mundo real (más allá de su justificación): existen normas en la sociedad, existen conceptos normativos y, aún mejor (o peor), existen razonamientos normativos. Se trata, notablemente, de aquellas situaciones que se sedimentan en conceptos como "obligación", "permiso", "prohibición" y otros relacionados. Como se aprecia sin dificultad, la lógica modal es, propiamente hablando, una derivación de la lógica modal, pues la consideración que se sigue de inmediato es acerca de la posibilidad o la necesidad de estos conceptos y las reflexiones que se siguen de ellos.

Desde otro punto de vista, existe también una fuerte analogía entre la lógica deóntica y la lógica alética, esto es, de las modalidades como posibilidad, imposibilidad, contingencia y necesidad. Es, sencillamente, en términos de estas modalidades como se puede establecer si una norma es verdadera o falsa.

Un desarrollo importante de la lógica deóntica se denomina la lógica deóntica estándar (LDE), la cual tiene el mérito de que permite comprender las situaciones deónticas (o deontológicas) en términos de mundos posibles. En consecuencia, la semántica de la lógica deóntica es la semántica de mundos posibles; no ya única o principalmente del mundo real o del mundo en general (*überhaupt*). Dicho de manera elemental y directa, esto quiere decir algo como lo siguiente: aquello que debería ser el caso, lo que quiera que sea el caso, es del caso.

En otras palabras, los campos de permisibilidad o de prohibición nunca están vacíos. En principio, siempre una acción determinada es prohibida o permitida en cualquier situación (dada).

Ahora bien, una observación importante se impone. Nunca ningún imperativo es verdadero o falso. Siempre depende de la situación o de la modalidad. En consecuencia, no es posible, en manera alguna, una lógica de lo imperativo. Pues bien, las normas son, en este plano, análogas a los imperativos. El problema que resulta es que las sentencias normativas pueden ser adoptadas en sentido directivo o bien como sentencias acerca de normas; en otras palabras, las sentencias normativas pueden ser adoptadas en sentido performativo o bien en sentido gramatical. Pues bien, jamás es enteramente claro cuál de los dos sentidos es el preciso o aquel que ocupa el foco de la mirada. De manera irreversible, la lógica deóntica apunta entonces en dirección a la lógica modal.

Emerge en consecuencia una paradoja. Se trata de la paradoja: deberíamos-saber-que, que es una paradoja epistémica. En el lenguaje habitual del derecho positivo esto se denomina: "el desconocimiento de la ley no es óbice para el cumplimiento de la ley". Lo que para los juristas y abogados es un hecho, en el campo de la lógica deóntica es una paradoja, pues es inevitable el uso de modalidades (aléticas).

Como quiera que sea, en el discurso deóntico —notablemente, en el caso del derecho—, los conceptos deónticos se aplican a acciones antes que a proposiciones. El derecho, *grosso modo*, opera a nivel de una lógica de primer orden. La lógica deóntica, en contraste, trabaja según una lógica de segundo orden (o de orden superior). Se abre aquí, como se observa cuidadosamente, una puerta liberadora de parte de una de las LNC. El derecho positivo sin más puede ser, como es efectivamente el caso en numerosas ocasiones, la herramienta para un régimen violento o dictatorial (recuérdese que todos los oficiales nazis afirmaban, no sin razón, durante el juicio de Nürenberg, que siempre actuaron en cumplimiento de las normas).

Pues bien, no debería dejarse en segundo plano el hecho de que operadores deónticos deberían construirse como modalidades de acción, antes que como modalidades proposicionales.

Se abre aquí una puerta directa de conexión con la lógica dinámica, que daría lugar, como es efectivamente el caso, a lo que se

denomina la lógica deóntica dinámica. En verdad, las acciones (humanas) en general tratan de cambios en el mundo. No ya únicamente acerca de constricciones o restricciones. La acción implica cambio, es cambio, y así las cosas, la lógica dinámica abre una puerta insospechada para la lógica deóntica *strictu sensu*.

Dicho simple y llanamente, las acciones humanas introducen cambios en el mundo, no simplemente siguen o se ajustan a una norma de cualquier índole o con cualquier justificación. La lógica dinámica, que tiene una puerta de comunicación directa e inmediata con la lógica deóntica, conduce a un escenario crítico, de emancipación o liberación. No de otra cosa se tratan las acciones humanas.

En cualquier caso, debería quedar en claro que en la LDE los mundos posibles pueden ser divididos en dos: mundos deónticamente aceptables y mundos deónticamente inaceptables. Consiguientemente, en el dominio de la lógica deóntica de la acción, cabe la distinción entre transiciones del mundo legalmente aceptables y transiciones del mundo legalmente inaceptables. Así, una lógica de segundo orden sobre conceptos normativos permite abrir o ampliar, según el caso, grados de libertad, qué es, finalmente, todo de lo cual se trata las ciencias de la complejidad o bien, más elementalmente, el pensar. Pensar no es otra cosa que ampliar los grados de libertad. En este sentido, de cara a la institucionalidad más rígida, pensar es un acto subversivo. Nada como las LNC permiten este reconocimiento.

En otras palabras, una de las más circunspectas de las LNC, la lógica deóntica, pone de manifiesto que son posibles dos aplicaciones de esta, así: en un caso, como lógica de la agencia, y de otra parte, como lógica sentencial. En cualquier caso, es evidente que lo que salta inmediatamente a la vista es la complejidad del mundo social y la complejidad de los fenómenos normativos. Pues bien, esta complejidad significa, en blanco y negro, que el análisis de las normas solo adquiere sentido en función de los grados de libertad que permiten, o no, las normas. Así, un presunto carácter autorreferencial de la normatividad queda desarticulado gracias al hecho de que son las acciones humanas en el mundo aquello de lo que se

trata. Y estas acciones son cambios en el mundo. Si la esfera de las normas permite estos cambios, puede decirse que son verdaderas. Su falsedad dependerá de los grados de libertad que restrinja.

Varias aristas se desprenden entonces necesariamente de este marco; por ejemplo, el estudio de estructuras de gobierno, el estudio de relaciones normativas en toda la extensión de la palabra, cambios normativos y no normativos en un momento o en un lugar determinado, el estudio del control normativo o bien, correspondientemente, la influencia y la responsabilidad de las instancias normativas y sus agentes; en fin, toda la discusión sustantiva y/o procedimental, incluyendo temas puntuales como fraude, corrupción, cohecho y muchos más.

La lógica deóntica, como de hecho todas las LNC, es lógica de mundos posibles. Y nada hay tan revolucionario como la esfera en general de las posibilidades, lógicamente hablando.

6.3. La lógica intuicionista

La filosofía de las matemáticas se divide en dos. De un lado, el estudio del formalismo, y de otra parte, la importancia del intuicionismo (Schirn, 1998; Tymoczko, 1998), y ello incluso independientemente de que se distinga, como es efectivamente el caso, entre matemáticas de sistemas continuos y matemáticas de sistemas discretos. El formalismo es representado en matemáticas particularmente por David Hilbert, mientras que el principal representante clásico del intuicionismo es Henri Poincaré. El formalismo es una especie de platonismo en cuanto que sostiene que los entes matemáticos son objetivos e independientes del sujeto, el cual sencillamente se da a la tarea de descubrirlos. En contraste, el intuicionismo es la tesis que afirma que los entes matemáticos son construcciones mentales por parte de los sujetos que trabajan con ellas.

El padre de la lógica intuicionista es Luitzen Egbertus Jan Brouwer, que la desarrolla durante alrededor de cuarenta años. Sin embargo, en su versión más reciente, la lógica intuicionista debe a Dirk van Dalen su consolidación como una de las LNC, particularmente en los años ochenta y noventa. En cualquier caso, durante casi toda su historia, la lógica intuicionista permanece fuertemente atada a las matemáticas. A la luz de los fundamentos originarios de la lógica intuicionista, la matemática en general es una actividad, no una teoría; a saber, es el objeto de construcciones mentales por parte de quienes hacen matemáticas.

Es preciso siempre distinguir dos tipos de lógica intuicionista (LI). De un lado, se trata de LI de primer orden. Esta se encuentra fuertemente vinculada con la LFC y tiene como problema central el estudio de las regularidades en el proceso de construcción de las matemáticas. De otra parte, la LI de orden superior —llamada en ocasiones también como de segundo orden— contiene reglas o axiomas que se justifican constructivamente, pero que contradicen a la LFC. Es esta segunda lógica la que se integra en el panorama de la LNC. Sin embargo, a fin de comprenderla, se impone un (largo) rodeo por la primera.

A partir de sus orígenes, es posible decir que caben dos comprensiones distintas de la LI: ya sea como un tema filosófico-fundacional de las matemáticas o bien, por otro lado, como una disciplina técnica en el marco de la lógica matemática. La dificultad en cualquier caso es que la lógica permanece en relación de dependencia con la matemática, no al revés.

Desde el punto de vista lógico, la semántica consiste en el estudio de las interpretaciones. Las interpretaciones constituyen el objeto de los modelos. El problema es que la LI no permite resultados de modelos teóricos a partir de las interpretaciones de las demostraciones. Por esta razón se han formulado distintas alternativas semánticas para la LI. Si bien esas alternativas plantean varios aspectos técnicos que aquí deben ser dejados de lado —se trata de la semántica de Kripke, los árboles de Beth, la teoría tipo de Martin-Löf, los mo-

delos topológicos, y otros—, lo central consiste en el hecho de que la lógica predicativa intuicionista es indecidible, pero los componentes de esta no lo son. Lo que debe ser claro es que, así, la LI se dedica a propósitos meta-matemáticos. En ello consiste, dicho puntualmente, la LI de primer orden.

Pues bien, la lógica intuicionista de segundo orden, aquella cuyas reglas permite contradecir a la LFC, trabaja con variables de conjuntos y con variables de función. Como quiera que sea, lo que emerge es lo que se denomina como la teoría de secuencias de elección. Esta teoría sencillamente afirma que no hay leyes que determinen elecciones futuras. La lógica intuicionista es, así, un ejercicio libre de construcción de argumentos, jalonados por elecciones que no tienen ninguna pre-determinación, a partir del pasado o de información ya adquirida.

Dicho simple y llanamente, la construcción de argumentos matemáticos no se funda en valores de verdad —preestablecidos—, sino en procesos de construcción, esencialmente libres y creativos.

6.4-. La lógica epistémica

La LFC, se ha dicho, es la lógica de una mente omnisciente. No sabe de tiempo, sus verdades son directas y claras, no hay, opacidad, en fin, es un solo sujeto el que piensa y habla. No sabe para nada de pluralidad o diversidad. Un fuerte contraste se marca con la lógica epistémica.

Como quiera que sea, el problema de base de la lógica epistémica puede decirse que consiste en la elucidación —lógica— de lo que sea "conocimiento"; por ejemplo, "creencia", o "verdad", o "justificación". Pues bien, si hay algún área del conocimiento que histórica, filosófica y científicamente ha venido a cuestionar lo que es el conocimiento es la inteligencia artificial. Específicamente, a partir de Turing, se trata del problema de distinguir entre una inteligencia

natural o humana, digamos, y una máquina que piensa. El *paper* originario fundacional de Turing lleva justamente ese título: "Can Machine Think?" (Turing 1992).

El problema emerge, desde el punto de vista lógico, en el horizonte de la lógica modal; esto es, de la lógica que se ocupa modalidades tales como necesidad o posibilidad. Más exactamente, ¿es posible que una máquina piense? ¿Es el conocimiento un rasgo específica o distintivamente humano? ¿No puede acaso decirse igualmente que las máquinas piensan o conocen?[27] No en última instancia, existe una conexión directa entre la lógica modal, la lógica epistémica y la lógica no monotónica.

El punto de partida más básico: o es que un agente tenga conocimiento de algo o no; mucho mejor, se trata del hecho mismo de que un agente puede no conocer algo. Si es así, emergen inmediatamente una serie de situaciones posibles. Es exactamente este conjunto de posibilidades el que sienta las bases o las condiciones —modales— para una lógica del conocimiento. Pues bien, dado que las situaciones que hay que considerar se derivan de la ausencia de conocimiento —y no de la posesión o el dominio de un conocimiento dado—, estas situaciones se denominan como mundos *epistemológicamente* alternativos; o bien, de forma abreviada, como *alternativas epistemológicas*. De esta suerte, la lógica epistémica se ocupa de las alternativas epistémicas (o epistemológicas) una situación determinada.

Existen, en ocasiones, tanto en la ciencia como en la vida, dudas acerca de la naturaleza de las cosas; digamos, acerca de la naturaleza del mundo. En términos elementales, acerca de la verdad o

---

[27] En una extensión más amplia de los interrogantes formulados, cabe preguntarse si acaso los animales mismos son capaces de conocimiento, y si pueden, ¿cuál es el tipo de conocimiento que tienen? ¿Conocen las plantas o piensan las plantas? ¿Piensan o conocen las bacterias? ¿Y qué sucede en el caso de los virus? El marco general en el que se inscriben estos interrogantes es el de la consideración de que la forma como piensan y conocen los seres humanos no es general y absoluta, sino, por el contrario, un caso particular del hecho de que también la naturaleza piensa y conoce. He considerado este tema en (Maldonado 2016).

veracidad, o no, de algo (o alguien). En dicho caso, el problema que emerge necesariamente es el de las propiedades del conocimiento que cabe creer, aceptar, reconocer. Para el agente que se enfrenta con estas situaciones o circunstancias, existe una evidencia: las creencias que tiene acerca de la verdad, la duda o la realidad.

Pues bien, así las cosas, la lógica epistémica permite estudiar los mundos posibles en términos de clases de equivalencias, cuyos miembros o integrantes o componentes son accesibles mutuamente. Una clase equivalente es simple y llanamente un conjunto de mundos que son alternativas epistémicas entre sí. Así, no importa lo que sea el mundo actual —real, si se quiere— a partir del cual se consideran las alternativas. Lo central es el reconocimiento de que para cada mundo considerado existe un conjunto de alternativas; esto es, *todo* el conjunto de mundos posibles.

Como se aprecia sin dificultad, gracias a la lógica epistémica es posible decir que las LNC en general son lógicas de mundos posibles o, lo que es equivalente, que de lo que se trata de pensar con la ayuda de las LNC son posibilidades, no simplemente realidades: facticidades. La complejidad del mundo y de la vida estriba justamente en los espacios de posibilidad que cabe considerar. Un asunto de la mayor envergadura, cuyas consecuencias en numerosos planos no escapa a una mirada sensible.

Dicho en términos básicos, el asunto aquí es que existe una creencia sobre el mundo actual —lo que simplemente representa el estado actual del mundo externo, "allá afuera"—, de manera aunada con el conjunto de alternativas epistémicas. El mundo tiene siempre alternativas, la vida tiene siempre alternativas, siempre existen posibilidades. El hecho de que existan —¡se piensen! — posibilidades hace a la tarea del conocimiento como a la vida misma en una empresa, si cabe la palabra, llena de optimismo, es decir, como un sistema abierto. Los sistemas cerrados o aislados siempre conducen a la desazón, al desasosiego, a la creencia en la existencia de caminos cerrados y sin solución.

Ahora bien, dicho lo anterior, ello no impide el reconocimiento explícito de que los seres humanos conozcan todas las consecuencias lógicas de sus conocimientos o creencias, incluidas su validez. No puede asumirse jamás el argumento de la "omniciencia"[28]. Mejor aún, en los mundos alternativos pueden tener lugar incluso cosas imposibles, contradicciones, y todo ello puede ser verdadero. Sin necesidad de retroceder a la psicologización de la lógica, la lógica epistémica permite reconocer la verdad de mundos considerados como imposibles, cuando se los mira desde el punto de vista del mundo actual. Lo cierto es que esos mundos "imposibles" representan al mundo actual, es decir, justamente, alternativas al mundo actual, y en consecuencia deben ser "posibles". La única exigencia es que los diferentes mundos posibles sean conscientes por parte de un agente o un grupo de agentes.

El cuadro general elaborado se torna, sin embargo, aún más sugestivo. Es perfectamente posible considerar conjuntos de conjuntos de mundos posibles. Estos conjuntos de conjuntos se denominan como modelos de *cluster*, un lenguaje tomado directamente de la ciencia de redes complejas.

Como quiera que sea, cabe siempre distinguir dos cosas: el conocimiento y las creencias de un agente. En un caso, es posible que un conocimiento sea más fuerte que una creencia; en el otro caso, por el contrario, se quiere significar que, si se cree algo, entonces se sabe que se cree algo.

---

[28] Una derivación inmediata salta aquí a la vista. Se trata del argumento, en el cuerpo del derecho positivo, de que el desconocimiento de la ley no es argumento para la violación de la ley. Un argumento perverso, lógicamente hablando. Como es sabido, el derecho en general se funda fuertemente en la LFC, y su desconocimiento de las LNC es manifiesto. El derecho positivo es totalmente tautológico; la ley no sabe nada del mundo, solo se sabe a sí misma ("la ley no puede ser modificada si la ley misma no lo permite"). Pues bien, la lógica epistémica es, por decir lo menos, una humanización del derecho, lo cual, en el marco del positivismo jurídico y de un mundo altamente corporativizado e institucionalizado, no es poco. Esta nota de pie de página bien puede ampliarse con facilidad, pero el tema y el espacio exigen aquí una delimitación.

De forma general, en fin, la lógica epistémica distingue tres tipos de conocimientos, así: un conocimiento implícito, un conocimiento distribuido y un conocimiento común.

Puede decirse que la lógica epistémica nace propiamente en los ochenta. Anticipado por Jaakko Hintikka, quizás el padre de esta lógica es Joseph Y. Halpern, gracias a las sistematizaciones que lleva a cabo (Halpern, 1985; Halpern, 1986) sobre los problemas de base de este tipo de lógica.

6.5. La lógica no monotónica

Puede decirse sin dificultad que la finalidad de la lógica consiste en establecer la validez de una relación de consecuencia. Al fin y al cabo, es función de una relación semejante que puede vislumbrarse suficientemente si algo es verdadero, o no lo es. Pues bien, sucede que en numerosas ocasiones las relaciones de consecuencia logran mantenerse en el tiempo, a pesar de nueva información, no obstante, la inclusión de nuevos agentes y de otras circunstancias semejantes. En esos casos se dice que hay monotonicidad. Si es así, se sientan todas las bases para la necesidad de la LFC.

Sin embargo, hay situaciones o momentos en los que las relaciones de consecuencia no se mantienen. La teoría de las demostraciones, o la semántica misma, o la teoría de modelos sufren cambios, y las consecuencias varían. Son diversas las razones por las que esto sucede, pero la forma más básica de decirlo es que se introduce nueva

---

[29] Esta es una expresión general. En general, en el marco de las LNC se habla en ocasiones de la lógica no monotónica (en singular) o en plural. Puede afirmarse sin ninguna dificultad que la no monotonicidad constituye uno de los rasgos transversales de las LNC y el rasgo más distintivo de este conjunto de lógicas en contraste con la LFC. Digámoslo sin ambages: pensar, verdaderamente, es pensar en términos de no monotonicidad.

información en la relación de consecuencia. Entonces, si se agregan nuevas premisas, la(s) conclusión(es) se modifican. Cuando esto acontece se habla entonces de no monotonicidad.

Así, la no monotonicidad es el rasgo determinante de todos aquellos sistemas lógicos o de verdad que, por ejemplo, logran aprender; o que cambian; cuyos contextos varían por diferentes circunstancias, o bien debido a que nuevos agentes entran en juego, o porque antiguos agentes ya no son importantes, o porque hay sencillamente nueva información que modifica información previamente adquirida. La lógica monotónica es incapaz de saber de cambios o transformaciones. Culturalmente hablando, es la lógica de los sistemas fundamentalistas, conservadores, reaccionarios, los cuales siempre se apegan al pasado como a un terreno incuestionable. Surge entonces, siempre, el mito fundacional.

La lógica no monotónica comienza en general en los setenta, coincidiendo, acaso, con las primeras simientes de la inteligencia artificial; esto es, de aquellos sistemas a los que les sucede que se les introduce nueva información y entonces pueden cambiar los resultados (*outputs*), los comportamientos, en fin, los propios algoritmos de funcionamiento. La forma técnica como tiene lugar el nacimiento de esta lógica no clásica es como razonamiento por defecto (*default reasoning*). Desde los setenta hasta hoy las lógicas no monotónicas resultan cultural y científicamente de una importancia sin igual, lo cual al mismo tiempo se debe a y se expresa en aspectos como los desarrollos de la inteligencia artificial, la robótica y muy especialmente la robótica de enjambre, el aprendizaje de máquina, el aprendizaje profundo (*deep learning*) y el desarrollo e investigación de formas no algorítmicas de razonamiento.

El razonamiento por defecto se encuentra estrechamente relacionado con razonamiento de mundo cerrado (*closed-world reasoning*) y el razonamiento heredado que se vuelve erróneo (*defeasible inheritance reasoning*). Dicho en términos básicos, es posible sostener sin ninguna dificultad que si se lleva a cabo alguna acción hay unos hechos que cambian y otros que no lo hacen. Pues bien, la

lógica no monotónica permite con exactitud establecer qué hechos cambiaron y cuáles no y por qué razón, y qué sucede, en el orden del conocimiento o acaso incluso de la acción en consecuencia. La capacidad explicativa de la no monotonicidad es muy fuerte, y sus consecuencias no escapan a una mirada sensible.

Es igualmente posible hablar de la no monotonicidad de la lógica.

Las asunciones de mundo cerrado se ocupan de establecer toda la información positiva relevante en un momento o en un contexto determinados. De esta suerte, con toda legitimidad, puede afirmarse que cuando determinada información no se encuentra incluida explícitamente en las bases de datos consideradas entonces cabe reconocer si hubo cambios, si fueron necesarios, o no. Dicho en una palabra, se trata de establecer si hubo o no aprendizaje. Al fin y al cabo, *la conditio sine qua non* del cambio es la capacidad de aprendizaje, y el aprendizaje en muchas ocasiones no requiere memoria o no se agota en ella y sí en la capacidad de ver nuevos contextos o fenómenos o comportamientos y adaptarse entonces a ellos si es necesario o posible.

En palabras más elementales: se puede así establecer si hay información nueva, información redundante, o bien información faltante.

Puede decirse en este contexto que, análogamente a como las reglas de inferencia ordinarias permiten múltiples premisas, así mismo las reglas por defecto hacen posibles múltiples pre requisitos y una variedad de justificaciones. Este aspecto demanda una puntualización de orden filosófico.

Distinguiendo el buen conocimiento del que solo es aparente, Platón precisa que el buen conocimiento es aquel que está bien justificado (cfr. *Teetetes*). En la filosofía de la ciencia este aspecto da lugar a ese capítulo importante que es el justificacionismo. Cada quien tiene sus propias creencias y naturalmente todo el mundo tiene derecho a adoptar las creencias que prefiera. La clave estriba en la justificación de las creencias. Es esto lo que permite distinguir entre creencias sólidas (es decir bien justificadas) y creencias espurias.

Por derivación, el tema se extiende naturalmente a la distinción entre la ciencia y la pseudo-ciencia. O también entre la buena ciencia y la pseudo-ciencia.

Como se aprecia fácilmente, la no monotonicidad de la lógica, del conocimiento o del pensamiento es una y misma cosa con la afirmación de una vida que aprende y se adapta, y que a su vez modifica el entorno al cual se adapta. La no monotonicidad es así, desde el punto de vista lógico, la condición para una vida buena (*eupraxein*, en griego) y para saber vivir (*suma qamaña*).

6.6. La lógica difusa

Uno de los problemas más difíciles tanto en la ciencia como en la vida es la existencia de vaguedad. Las cosas nunca son precisas y exactas. Muy frecuentemente existe vaguedad, imprecisión, cambio incluso, vinculadas a incertidumbre, ausencia de verdad o de falsedad definitivas y "absolutas" y demás. Pues bien, es exactamente para estas situaciones que es importante la lógica difusa.

La lógica difusa no es ella misma difusa —digamos, en una pésima traducción que existe en español, "borrosa"[30]—; por el contrario, esta LNC logra describir y, si se quiere, domesticar, la difusividad. Lo borroso implica imprecisión; lo difuso, vaguedad.

La lógica difusa corresponde, culturalmente hablando, a un nuevo momento de la humanidad, a saber: aquel en el que por primera vez hemos logrado reconocer que los significados precisos y exactos no siempre son posibles (y casi nunca lo son). Emergen, por tanto, nuevas matemáticas y una nueva filosofía. Pues bien, la lógica

[30] En inglés existe la distinción entre difuso (*fuzzy*) y borroso (*blurred*). Algunos divulgadores han traducido muy mal difuso por borroso. Se introducen serias dificultades conceptuales, consiguientemente. Se debe evitar a toda costa la confusión mencionada.

difusa es el resultado del trabajo pionero de Lotfi A. Zadeh, un azerbaiyí, en los años sesenta. El punto de partida es, naturalmente, la teoría de conjuntos. Nacen los conjuntos difusos.

Entre los valores que podemos llamar absolutos como "verdad" y falsedad", la lógica difusa reconoce y trabaja con los valores intermedios, que son los verdaderos. Los otros son casos ideales y límite. Así, por ejemplo, si verdad es 1 y falsedad es 0, la lógica difusa identifica que existen numerosos grados intermedios, tales como 0,16 o 0,35, 0,61 o bien 0,84, por ejemplo. Son numerosos los casos, ejemplos y situaciones en las que la lógica difusa logra identificar estos y otros valores semejantes.

Como se puede observar, existe una relación directa e inmediata entre la lógica difusa y la lógica del tiempo. En un momento el valor de un fenómeno o situación puede ser 0,27, por ejemplo y, en otro momento, 0,96. El tiempo introduce la vaguedad, y la difusidad es una ganancia del tiempo.

Ahora bien, es importante distinguir la difusividad de la probabilidad. Así, la difusividad implica grados —de verdad o de falsedad, por ejemplo— y no, en absoluto, ignorancia. La difusividad no es, en modo alguno, estadística. Precisamente por ello emerge una nueva matemática, la matemática de los conjuntos difusos.

Al mismo tiempo, existe una compuerta directa e inmediata igualmente entre la lógica difusa y algunas de las lógicas polivalentes; notablemente, la lógica trivalente, la tetravalente y la pentavalente.

Hay que decir la verdad: la lógica difusa es la lógica de una pequeña parte del mundo, de aquella en donde existe y es posible la vaguedad. Por regla general, con distintas motivaciones, lo habitual es juzgar las cosas y vivir en términos "absolutos": belleza o fealdad, verdad o falsedad, inocencia o culpabilidad, amor u odio, y así sucesivamente, no obstante, es la lógica difusa de esa pequeña parte del mundo, la que verdaderamente marca diferencias, que introduce matices, que reconoce gradientes y modalidades.

En una extrapolación, sostenía en una ocasión Zadeh, la lógica difusa se refiere a esa capacidad de identificar matices y vaguedades

que diferencia a los seres humanos de las máquinas. Desde el punto de vista tecnológico, la lógica difusa se halló en la base de todas tecnologías de punta de los años sesenta, setenta y comienzos de los ochenta. Gradualmente, la base lógica de difusividad de las tecnologías de punta fue sustituida por una mejor, la lógica cuántica, en sus expresiones como los rayos láser y los lectores de láser y muchos más.

Un hecho determinante emerge ante la mirada reflexiva: a medida que aumenta la complejidad, las afirmaciones precisas y las proposiciones precisas pierden precisión (McNeill Freiberger, 1994). Desde otro punto de vista, basta sencillamente con reconocer que la infinitud viene en múltiples tamaños y formas; hay, como sabemos, infinitos mayores que otros, infinitos que tienen lugar en diferentes niveles, en fin, infinitos que acontecen con números distintos, incluso indeterminados. La complejidad no sabe de valores absolutos o límite. Antes bien, se trata de gradientes, granulación, retículas y otras características semejantes y próximas.

De esta forma, ya desde los sistemas lineales y sistemas estables hasta los sistemas variables y fluctuantes; desde los sistemas invariables en el tiempo hasta sistemas perfectamente aleatorios; desde los sistemas en equilibrio hasta sistemas alejados del equilibrio; desde los sistemas centralizados hasta sistemas descentralizados, la exactitud aparece cada vez como un asunto que merece una segunda, una tercera mirada. Este es exactamente el mérito grande de la lógica difusa, desde la tecnología hasta las matemáticas, desde la estadística hasta la epistemología y, en fin, desde la acción humana misma hasta el estudio de fenómenos de aprendizaje y adaptación.

Subrayemos esta idea: los conceptos simples son aptos para la precisión y la exactitud. La complejidad se ocupa de y trabaja con conceptos vagos. Pero la vaguedad no significa en absoluto imprecisión: muy al contrario, grados, gradientes. La exactitud científica no es en absoluto incompatible con la vaguedad y, *à la limite*, con la difusividad, la ambigüedad. Otra cosa, perfectamente distinta, es la ambivalencia. El terreno que se puede observar a través de la venta-

na desde aquí es la estética. Un tema que debe quedar de lado, en el marco de este libro.

La figura 5 ilustra un conjunto difuso y da al mismo tiempo una idea acerca de distribuciones difusas o de una estadística difusa:

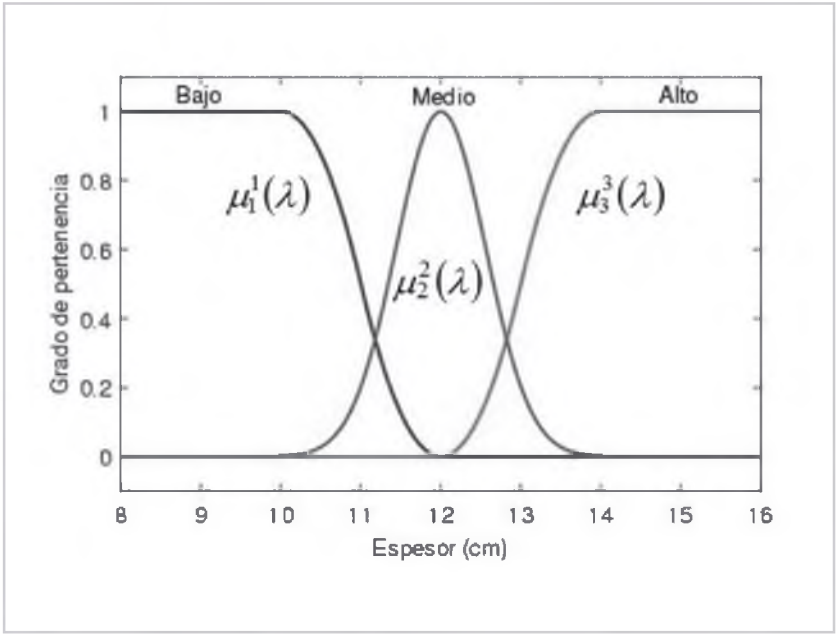


Figura 5. Un conjunto difuso

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Funciones-de-pertenencia-de-cada-conjunto-difuso-El-enfoque-de-Takagi-Sugeno_fig4_311851993

Precisemos una idea anterior: la lógica difusa se ocupa de una pequeña parte del mundo. Sin embargo, esa pequeña parte del mundo es ubicua. Es imposible no identificar difusividad en numerosos aspectos, niveles, grados, dimensiones o espectros de la realidad, de la naturaleza o del mundo. Dicho en otras palabras, los conjuntos difusos se deslizan de manera suave a través del continuo de verdad y de valores presuntamente "absolutos", esto es, rígidos.

Puesto en otros términos, los valores difusos —por ejemplo, 0,57— pueden ser identificados como aquello que le falta a un sistema determinado para ser enteramente verdad. Esta idea, desde luego, puede ser entendida con igual certeza, en términos invertidos, en cuyo caso el valor faltante sería 0,43, por ejemplo.

Quisiera apuntar en una dirección que no aparece en ningún lugar de la bibliografía especializada sobre el tema. Existe un nexo —¡fuerte!— entre la lógica difusa y la lógica de la ficción. En efecto, sin ambages, la lógica difusa puede ser llamada, como ha sido efectivamente el caso, como la lógica de conceptos inexactos (Goguen, 1968-9). Pues bien, el lenguaje en general (lógica erotética *latu sensu*) y la lógica de la ficción en particular trabajan con "conceptos inexactos".

Pongamos un ejemplo elemental: el conjunto de personas altas. Pues bien, en ese conjunto en general existen unas personas que son más altas y otras que son altas pero menos. La inexactitud aparece en la forma como es posible moverse libremente entre conjuntos que no son firmes, rígidos ni estáticos. Conjuntos semejantes admiten difusividad tanto como polivalencia; y siempre, sin la menor duda, grados de libertad, que es uno de los rasgos más distintivos de la complejidad.

Uno de los terrenos más sensibles en el estudio de conjuntos difusos es el problema de quién dice verdad y quién miente. Pues, para decirlo de manera expresa, nadie dice enteramente la verdad ni tampoco nadie es un mentiroso en términos absolutos. Toda mentira esconde un atisbo de verdad, y detrás de cualquier enunciado verdadero hay umbrales de imprecisión que dejan de ser señalados. Pues bien, pensar requiere reconocer y trabajar con estas situaciones y dinámicas.

6.7. Las lógicas paraconsistentes

Es posible establecer una analogía, que por lo demás ya fue concebida por los padres de la lógica paraconsistente, Lukasiewicz y

Jaskowski. De la misma manera como las geometrías no euclidianas convierten a la geometría euclidiana, que antes era un todo en simplemente una parte o un componente o un caso particular de las geometrías no euclidianas, así mismo, la LFC es tan solo un caso, muy particular, por lo demás, de las lógicas no clásicas, y muy especialmente de las lógicas paraconsistentes.

Es posible sostener sin ambigüedades que el origen de las lógicas paraconsistentes radica en la importancia de rechazar las trivilizaciones. Una trivialidad es, desde la lógica clásica, el hecho de que ya es hora de que alguien adopte nuevas premisas. Más exactamente, si determinadas premisas son inconsistentes o bien no pueden satisfacerse, no pueden ser verdaderas. En consecuencia, no se las puede aceptar sin que esa persona incurra en contradicciones. El mundo en su generalidad abunda en trivialidades.

Pues bien, toda la finalidad de la LFC consiste en preservar la consistencia y la satisfabilidad de las proposiciones, del lenguaje, de los modelos o de las teorías sobre el mundo. El problema es que tanto la consistencia como la satisfabilidad se quiebran muy pronto. Es en ese momento cuando nuevas lógicas se imponen, se hacen posibles o son necesarias. Las puertas se encuentran abiertas de par en par para las lógicas paraconsistentes.

Las lógicas paraconsistentes permiten vivir y trabajar con inconsistencias bajo la condición de que sean no triviales. *À la limite*, las lógicas paraconsistentes permiten y siembran inconsistencias mediante las cuales son posibles mejores comprensiones del mundo y la realidad.

Dos ejemplos son suficientes para ilustrar lo anterior. De un lado, es el modelo de la mecánica cuántica, por lo menos en su interpretación estándar —que se denomina la interpretación de Copenhague—, de acuerdo con la cual la materia —como la energía— se comporta (en ocasiones) corpuscular y (en ocasiones) ondulatoriamente. Ambos comportamientos son contradictorios y sin embargo sirven para explicar los comportamientos de la materia en escalas microscópicas. El segundo ejemplo estriba en la inconsistencia —no

trivial— de la coexistencia entre la teoría de la relatividad y la física cuántica. Una ópera para el universo macroscópico, mientras que la otra tiene lugar predominantemente para el universo microscópico. Ambas teorías son contradictorias, pero ambas sostienen al universo en escalas diferentes[31].

En general cabe decir que un conjunto dado de proposiciones es inconsistente cuando admite en su interior una contradicción, y que se puede satisfacer cuando es posible una evaluación que satisface a todos los miembros del conjunto de proposiciones; en caso contrario, no se puede satisfacer.

Hay varias razones, con diferentes justificaciones, que permiten acoger sin dificultad una lógica paraconsistente. Por ejemplo, cuando una teoría expresa contradicciones pero que son no triviales; o bien cuando unas creencias permiten adoptar comportamientos que no trivializan obligaciones o compromisos que son conflictivos; o bien, igualmente, cuando existen creencias contradictorias que no son triviales. Estos ejemplos interpelan directamente, en cada caso, a la lógica paraconsistente, a la lógica deóntica o a la lógica epistémica. Como se aprecia, y como ha sido mencionado ya en varias ocasiones, existen numerosos nexos entre diversas LNC.

Pues bien, en teoría es muy fácil eliminar las inconsistencias, pero en la práctica es sumamente difícil. Dicho de forma simple y directa, la consistencia de un enunciado o de un conjunto de enunciados no es decidible. Como efectivamente sucede tanto en ciencia como en la vida, existen muchas veces inconsistencias escondidas en las afirmaciones, las tesis, los modelos esgrimidos en un momento dado. Pues bien, las lógicas paraconsistentes contribuyen a entender estos fenómenos. Podemos vivir con contradicciones, con tal

---

31. Otro problema, perfectamente distinto pero que no pertenece al marco de este libro, es el de la unificación entre ambas teorías: la relatividad y la cuántica. Diversas opciones han sido exploradas, incluyendo la teoría de cuerdas, la teoría de branas y M-branas, la gravedad cuántica, la teoría de bucles, el caos cuántico. Nos hemos ocupado de este tema en otros lugares.

de que sean no triviales. Y es igualmente posible elaborar un mapa explicativo de la naturaleza o de la sociedad que sea inconsistente, con la condición de que sea no trivial.

Como se aprecia, todo tiene que ver con las consecuencias de determinadas premisas. El tema inescapable es entonces el de las inferencias. La única exigencia de las lógicas paraconsistentes es que las inferencias sean no triviales. El problema fuerte de base aquí es que, si se asumen determinadas premisas, entonces estamos atados a las consecuencias que se siguen de ellas. Un problema mayúsculo, en la vida y en ciencia. Pues bien, en el caso de que haya que asumir consecuencias inconsistentes, las lógicas paraconsistentes son de enorme ayuda.

La clave de todo el asunto aquí es que es extremadamente difícil, si no imposible, establecer cuándo un argumento en un lenguaje natural es válido. En esto se basa la lógica en general. Es, ulteriormente, esto lo que da qué pensar. A fin de resolver el problema varias opciones son posibles, así: por ejemplo, desarrollar una teoría que identifique los distintos tipos de enunciados esgrimidos; o bien considerar con cuidado cada una de las proposiciones a fin de identificar claramente las dificultades (es decir las inconsistencias); o bien atender al marco de referencia; o bien apelar a lenguajes formales, acaso incluso a lenguajes artificiales, por ejemplo. La lógica, como la ciencia, se encuentra aquí casi entre la espada y la pared.

Como quiera que sea, como se aprecia sin dificultad, la lógica paraconsistente posee una enorme carga liberadora en varios sentidos. La única condición, básica, es el rechazo de la trivialidad. Algo que ni siquiera la LFC puede garantizar.

6.8. La lógica libre

Como en varias de las LNC, no es posible señalar un origen exacto de esta. Ya Frege mismo elaboró una reflexión sobre la existencia en

lógica, y algún trabajo importante de Rolf Schock hacia 1964 puede ser identificado entre los más claros antecedentes. Sin embargo, puede situarse el inicio de la lógica libre en el artículo conjunto entre Bas C. van Fraassen y Karel Lambert (1967) como el inicio más seguro. A partir de ese artículo, pasa un tiempo sin que haya trabajos sobre el tema, hasta los años ochenta y noventa cuando diversas contribuciones de Bencivenga (1980; 1989) y el propio Lambert (1997) terminan por catapultarla. Sin la menor duda, Van Fraassen, Bencivenga y Lambert son los padres de esta lógica no clásica.

La lógica libre significa libre de asunciones acerca de la existencia de aquello de lo que se ocupa, ya sea en términos particulares o generales, y que sin embargo admite el empleo de los cuantificadores universales de la lógica estándar. Muchas veces, tanto en la ciencia como en la vida nos ocupamos de fenómenos determinados, y existe siempre, digamos, del lado de la contraparte, la exigencia de que se demuestre que eso de que hablamos existe, o que se aporten casos o ejemplos específicos, y demás. Pues bien, la lógica libre nos libera de exigencias semejantes. Es perfectamente posible pensar sin tener como referentes directos, inmediatos o necesarios fenómenos existentes, generales o particulares. La racionalidad o, mejor aún, la razonabilidad de un argumento no se reduce a la existencia objetiva o al caso o al ejemplo de aquello de que nos ocupamos. El rigor lógico es suficiente.

La lógica libre rechaza el principio de la LFC denominado especificación universal. Ahora bien, la lógica libre no es la única que rechaza principios asumidos como válidos en la lógica proposicional de primer orden. Lo que sí es determinante aquí es una cierta confluencia en el rechazo de principios considerados válidos sin más por parte de la LFC.

Así, por ejemplo, en lugar de asumir "Marx existe", se afirma: "Existe un x tal que x es igual a Marx". Naturalmente, estas afirmaciones tienen sus propias formalizaciones.

Ahora bien, la lógica libre es compatible con dos cuadros perfectamente distintos entre sí. De un lado, con una visión del mundo

actualista, y de otra parte, con una visión no actualista del mundo. En el primer caso, los habitantes de un mundo solo pueden ser descritos de una manera, a saber, como existentes. En el segundo caso, por el contrario, los habitantes del mundo son de dos tipos: los que existen y los que no existen. Sobre la base de estas dos visiones inconmensurables del mundo o de la realidad, la lógica libre se clasifica en tres niveles, en función del valor de verdad adscrito. El primer nivel es el de la lógica libre negativa. De acuerdo con esta, todas las afirmaciones atómicas que contienen por lo menos un término singular que no tiene una impronta existencial se evalúan como falsas. El segundo nivel es el de la lógica libre positiva, en la que algunas afirmaciones atómicas que contienen un término singular con carga existencial son evaluadas como verdaderas. Y finalmente, el tercer nivel es el de la lógica libre neutra, aquella en la que las afirmaciones atómicas son evaluadas como portadoras de verdad, excepto aquellas que tienen un término singular con impronta o carga existencial. Un ejemplo servirá para ilustrar lo anterior.

Por ejemplo, si se toma la afirmación "Si solo sé algo, solo sé que nada sé", retomando una idea de origen socrático. Pues bien, en la lógica libre negativa, el condicional y la inferencia son lógicamente válidos, pero en la lógica libre positiva, el condicional no es lógicamente verdadero y la inferencia es inválida. La conclusión es clara: la lógica libre es libre de asunciones de existencia con respecto *tanto* a sus términos generales como singulares.

6.9. La lógica de fibras

La lógica de fibras, generalmente llamada también como la fibración de funciones, consiste en el trabajo por superar el análisis en lógica y tratar de pensar en términos sintéticos. Fibrar significa, así, establecer puentes, y no ya simplemente unificar, entre diversos sistemas lógicos, o sistemas de verdad. La mejor condición para la fibración

es ofrecida por las lógicas multimodales, y muchas veces se ha dicho que la fibración es esencialmente una lógica bimodal.

Los orígenes de esta lógica se remontan al trabajo de Dov Gabbay en 1999 (Gabbay, sin lugar a dudas, el más importante de todos los representantes de las LNC).

6.10. La lógica de la relevancia

Una de las lógicas no clásicas más importante es la lógica de la relevancia. Esta lógica nace entre 1975 y 1992 aproximadamente, y sus padres son Anderson y Belnap, Kripke, Hintikka, Urquart y Meyer. El tema inmediato que da nacimiento a la lógica de la relevancia puede ser dicho de dos maneras: o bien como la importancia de los contextos del lenguaje, o bien, lo que es equivalente, como el abordaje del que quizás es el problema más grave de la LFC, la ausencia de semántica.

La LFC es la lógica de una verdad única dado justamente su carácter binario; esto es, sus valores son falsedad y verdad. Pero lo cierto es que nadie, desde ningún punto de vista, vive o piensa en términos de falsedad. Consiguientemente, toda la tradición occidental ha sido la historia de (la importancia de) una verdad única. Pues bien, la lógica de la relevancia muestra que no es posible y que no existe una única verdad. Un escándalo a la luz de toda la tradición. El puente que permite el acceso a la lógica de la relevancia es, una vez más, la lógica modal. En efecto, la verdad ¿admite otros contextos? Esto es, cuando se afirma "verdad", ¿se la está sosteniendo para qué o en qué contexto? Simple: otros contextos son posibles y/o necesarios.

En verdad, la lógica de la relevancia pone de manifiesto que, desde el punto de vista lógico, implicaciones verdaderas no tienen antecedentes que sean completamente irrelevantes con respecto a sus consecuencias. En otras palabras, siempre hay atenuantes, matices,

circunstancias, razones que dan lugar a una implicación determinada. Los hechos brutos no existen, y mucho menos las interpretaciones planas o lineales de los hechos. El derecho positivo, los dogmas y doctrinas, las instituciones y las corporaciones de todo tipo se estremecen ante este reconocimiento. Pensar abre aquí las puertas a temas altamente sensibles como son: comprender y, en últimas, una cierta semilla de sabiduría. El sabio siempre comprende, siempre.

En otras palabras, se trata de atender a los contenidos de los enunciados, y estos siempre son nociones semánticas. Cuando la gente buena habla, casi siempre hace referencia a circunstancias, a acontecimientos, no simplemente a formas, estructuras o reglas. La gente buena siempre habla de cosas, de sus cosas —mucho más que de normas, reglas o sistemas de validez—.

Dicho de manera general, toda lógica, en cualquier acepción de la palabra, debería ser relevante; sin embargo, no es suficiente con la relevancia. Este rasgo tiende numerosos puentes con otras LNC.

Propiamente hablando, la lógica de la relevancia se supone que debe capturar la relación de implicación, y efectivamente lo hace. Un aspecto técnico emerge en este punto. En la bibliografía técnica sobre el tema se establece la distinción entre *implication* y *entailment*. Pues bien, *implication* es más débil, semánticamente hablando, que *entailment*. En español una distinción no existe, pues solo se usa habitualmente "implicación". El aspecto central es que la lógica de la relevancia considera ambos tipos de implicación, uno débil y otro fuerte, en tanto que la LFC tan solo se concentra en la implicación fuerte. Nuevamente, se desconocen así contextos, atenuantes, matices, gradientes tanto en la vida como en la ciencia.

Lo que se debe tener en cuenta en una buena apropiación de la lógica de la relevancia es que se deben satisfacer tres condiciones, así:

i. Deben evitarse paradojas de implicación e imposibilidades no triviales,
ii. Deben satisfacerse la restricción variable de cada contexto y

iii. Deben contener todas las condiciones de deducibilidad, lo cual demanda que diferentes tipos de deducción puedan ser empleadas y consideradas en un conjunto de enunciados.

Como se observa sin dificultad, la semántica de la lógica relevante es una semántica basada en el mundo mismo —antes que en reglas, normas o formalidades sobre el mundo—.

Otra manera de atender a las especificidades y contribuciones de la lógica de la relevancia es afirmando que es una lógica situacional, y que cada situación contiene información diferente, propia. La inteligencia que permite la lógica de la relevancia es por consiguiente la capacidad de moverse, distinguir y al mismo tiempo integrar informaciones, situaciones y contextos diferentes en un todo, literalmente, complejo. La complejidad del mundo consiste en la existencia de situaciones disímiles con información diferente; el pensador o el investigador las ve, las comprende y, sin embargo, es capaz de establecer relaciones entre lo diverso y disperso. Podría decirse que emerge aquí una lógica más que relacional, de relaciones de relaciones; literalmente, de situaciones de situaciones.

Finalmente cabe una observación final. En la bibliografía especializada sobre el tema se habla de distintas o múltiples lógicas de la relevancia. Esta pluralidad ha sido omitida aquí deliberadamente en función de un afán propedéutico. En este mismo sentido, se ha dejado de lado el tema de la cuantificación de esta lógica.

6.11. La lógica del tiempo

Dicho en términos generales, la premisa central de la lógica del tiempo es que el tiempo modifica el valor de verdad o de falsedad de una proposición. Y así, el tema entonces estriba en el estudio del tiempo. Solo que entonces se impone una precisión. Se trata de la distinción

entre *time* y *tense*. La lógica del tiempo se refiere a *tense*, y así, propiamente hablando, se trata de la lógica de los tiempos gramaticales, verbales o lingüísticos, y solo sobre esta base, entonces, también del tiempo cronológico u objetivo (*time*).

Concebida originalmente por Prior, la lógica del tiempo propiamente se desarrolla a partir de los años ochenta y noventa.

Caben cuatro comprensiones de la lógica del tiempo, así: en un sentido estricto, se trata de la lógica que estudia los sistemas específicos que representan y que razonan sobre el tiempo. En este sentido, la lógica del tiempo atraviesa transversalmente e interpela a la ciencia moderna y contemporánea, así como al conjunto de la cultura actual. En este plano, podría decirse idóneamente que la lógica del tiempo busca demostrar propiedades formales de los sistemas que se ocupan del tiempo, notablemente la decibilidad y la completitud. Volveremos inmediatamente sobre este aspecto.

En un sentido más amplio, la lógica temporal suministra un arsenal o una caja de herramientas mediante las cuales es posible responder a cuestiones que forman parte de sistemas específicos. Muy concretamente, el tema entonces es la demostración de la decibilidad de la lógica del tiempo.

Ahora bien, en un sentido más amplio, la lógica temporal contribuye a suministrar marcos para el estudio y comparación de distintos modelos o comprensiones o interpretaciones del tiempo. La forma más básica de designar a estos modelos en términos de las distinciones entre el tiempo lineal, el tiempo circular y las ramificaciones (o bifurcaciones) del tiempo.

Finalmente, en una perspectiva más amplia aún, la lógica del tiempo permite, o debe poder hacerlo, pensar en alcanzar un marco unificador acerca de ese problema mayúsculo: el tiempo, dado que se trata del más complejo de todos los fenómenos. De hecho, con la inclusión de un tema reciente, que es el estudio, específicamente a partir de los desarrollos de la teoría cuántica, acerca de la ausencia de tiempo (en los sistemas cuánticos). Como se aprecia, puede decirse sin más que la lógica del tiempo es una filosofía del tiempo;

así, la idea de lógicas filosóficas, a propósito de las LNC se consolida mejor aún.

Como quiera que sea, es importante atender al reconocimiento explícito de que la lógica del tiempo es una extensión de la lógica formal clásica gracias especialmente a la importancia de la lógica modal. El problema del tiempo implica, de entrada modalidades, y la más importante de ellas es la posibilidad.

Una serie de temas constitutivos de esta lógica exigen ser puestos claramente sobre la mesa: el fluir del tiempo, las relaciones de precedencia y de sucesión, la densidad temporal y el carácter discreto o continuo del tiempo. En este sentido, sin ambages, la lógica del tiempo es la extensión de la lógica proposicional clásica; y entonces decimos "el tiempo es x", o bien, "A *x* le sucede *y* en el tiempo", por ejemplo.

De manera muy precisa, el interés de la lógica temporal no es el de la verdad o la falsedad de las fórmulas de un sistema determinad, sino, mucho mejor, la consideración acerca de si dichas fórmulas permanecen siendo verdaderas o no dado el transcurrir del tiempo; en una palabra, dados los cambios y las transformaciones. El tema entonces se torna: "¿sobre la base del paso del tiempo, por qué son verdaderas?", o bien, en caso contrario, "¿por qué se tornan falsas y cómo sucede ello?, por ejemplo.

Lo cierto, en cualquier caso, es que no todas las propiedades del fluir del tiempo son definibles. Y precisamente en este punto descansa todo el sentido de la lógica temporal. El aspecto significativo es que cada evento o proceso introduce una cantidad enorme de recurrencia de información tanto hacia adelante como hacia atrás. La conclusión filosófica no puede ser menos brillante: el tiempo se alimenta, en cada momento, del presente en su fluir; así, el tiempo no se alimenta del pasado simple y llanamente, como tampoco del futuro. Extrapolando, el origen del tiempo es siempre el ahora. Como se aprecia sin dificultad, análogamente a lo que acontece en la lógica modal, en la lógica del tiempo la regla es la incompletud. Un rasgo que la integra, perfectamente, con la teoría de la evolución, una teo-

ría esencialmente incompleta, dado que los temas de que se ocupa, los sistemas vivos, son por definición incompletos e inacabados.

Pues bien, es exactamente en este punto en donde la lógica del tiempo se encuentra con la que quizás es la columna vertebral de todas las ciencias de la complejidad, a saber: la teoría de la complejidad computacional. Como es sabido, el problema de base de la complejidad computacional es el problema de resolver problemas en el tiempo; ya sea en tiempos polinomiales o no polinomiales. Esto se conoce, técnicamente, como los problemas P vs NP. En el trasfondo de estos problemas está la distinción entre problemas decidibles e indecidibles. El tema que emerge, consiguientemente, es el de la complejidad computacional de la lógica del tempo. Así, aun cuando esta lógica es una extensión de la LFC, su mirada se orienta fuertemente en otra dirección, a saber, hacia la complejidad, o la vida, o a la esencia misma del pensar —tres maneras distintas de designar un solo y mismo problema—.

Subrayemos esta idea: el reconocimiento de que podamos hablar con toda propiedad de procesos de ramificación del tiempo —que es lo que sucede exactamente con las ramificaciones del futuro (en complejidad se habla de bifurcaciones)— implica necesariamente que no puede afirmarse de manera alguna que el pasado determina lo que haya de acontecer. De esta suerte, la lógica del tiempo es más que idónea para el rechazo del determinismo —un asunto de la mayor importancia en los marcos de un mundo marcado por la complejidad—.

Por lo demás, cabe decir que la lógica temporal distingue, si cabe la expresión, cuatro dimensiones. Estas son: los puntos de tiempo —los cuales son más que útiles para la comprensión del tiempo lineal—, los periodos del tiempo, los eventos y, en cierto modo transversales a los tres, la granularidad del tiempo mismo. La decisión de optar por alguna de estas dimensiones establece un marco, un lenguaje y determinados aspectos técnicos como cuantificación y matematización. Y, sin embargo, el cuadro amplio comprende las cuatro dimensiones, a partir de las cuales se puede elucidar el problema último: entender qué es el tiempo.

Digámoslo de manera más explícita: la lógica del tiempo es la lógica de los tiempos verbales o gramaticales (*tenses*). Es en estos modos como expresamos lo que experienciamos qué es el tiempo y cómo sucede. De esta suerte, el problema mayúsculo consiste en la expresividad del lenguaje, un problema de la máxima importancia científica, lógica y matemática. El problema de la completitud o la decidibilidad es el precio que se debe pagar por el aumento de la expresividad del lenguaje. Pues bien, las expresiones del lenguaje son una especie de actualiza permanentemente la información que tienen los agentes. La lógica del tiempo se encuentra exactamente en el centro de este cuadro.

6.12. La lógica dinámica

La lógica dinámica, introducida originariamente por Vaughan Pratt en 1976, es una lógica del cambio. Paradójicamente, puede ser considerada como una mezcla de tres lógicas clásicas o tres elementos clásicos de la tradición: la lógica de predicados de primer orden, la lógica modal —que es definitivamente la Puerta de Brandenburgo, si cabe la expresión, que de la LFC conduce hacia las LNC— y el álgebra de eventos regulares. A título especulativo, cabe la analogía de que, así como los sistemas complejos son el resultado de interacciones no lineales a partir de elementos simples, la lógica dinámica, que se ocupa de la más básica de las formas de transformación, es asimismo el resultado de tres insumos clásicos lineales.

La lógica dinámica plantea el carácter modal de la interacción entre programas o aserciones. Ahora bien, en la lógica de predicados, como es sabido, "verdad" es un fenómeno estático; no sabe para nada de transformaciones. "Sócrates es un hombre y todos los hombres son mortales" será en esa lógica una verdad rígida, y en ese sentido absoluta. En contraste, en la lógica dinámica existen construcciones sintácticas —denominadas *programas*— cuya finalidad

es cambiar los valores de las variables. Es lo que sucede exactamente en los lenguajes de programación. Pues bien, el cambio de los valores de las variables modifica los valores de verdad de las fórmulas. Es lo que sucede siempre cuando se trabaja o bien con modelos informacionales o bien computacionales[32].

A partir de la primera década del siglo XXI, emerge la lógica dinámica epistémica. Esta LNC se ocupa de los cambios de verdad que tienen consecuencias o implicaciones epistemológicas. En otras palabras, se trata de considerar el cambio de información en un marco lógico. Desde este punto, o bien la lógica dinámica se reconoce como una lógica no monotónica, o bien la no monotonicidad define el carácter mismo de la lógica dinámica (epistémica). La información es considerada como el bien que determinados agentes poseen ya sea en la forma de conocimiento o bien de creencias.

Pues bien, tres propiedades pueden ser presentadas, así: en primer lugar, se cuestiona el conocimiento estático acerca de verdades permanentes —denominadas en lógica como tautologías o sistemas de validez (*validities*)— y los hechos mismos (*facts*) en situaciones particulares. La consecuencia no escapa a nadie: se trata de una reformulación de lo universal y absoluto en nombre de lo particular y concreto.

En segunda instancia, se llama la atención acerca del conocimiento por parte de grupos —y no ya solamente por parte de agentes individuales—, en la forma de la emergencia de un conocimiento común. Desde este punto de vista, el conocimiento del grupo o de la colectividad sirve como validación o rechazo del conocimiento con fundamento simplemente individual. Esta es, por lo demás, exactamente la validación del conocimiento en las comunidades

---

32. Como es sabido, en el estudio de los sistemas de complejidad creciente el modelamiento basado en agentes (MBA) y la simulación son no solamente deseable sino cada vez más necesarios. El lenguaje Netlogo, de uso abierto, es más que idóneo. La lógica dinámica se aprecia inmediatamente cuando se trabaja con Netlogo, por ejemplo.

académicas y científicas (en marcado contraste con las comunidades religiosas). En otras palabras, la intersubjetividad emerge como criterio de veracidad.

Finalmente, en tercer lugar, la lógica dinámica estudia la dinámica del conocimiento en relación con nueva información (que modifica información previamente adquirida). Podemos decir, sin ambigüedades, que los cambios en general en el mundo, o bien son el resultado de cambios de información, o bien generan cambios en la información misma. En cualquier caso, la dinámica del mundo es, sin más, la dinámica de la información. Sin la menor duda, la lógica dinámica puede ser dicha como la lógica misma de la sociedad de la información y del conocimiento (Maldonado, 2019).

Desde otro punto de vista, como se observa fácilmente, la lógica dinámica se encuentra estrechamente relacionada —digamos, relación de doble implicación— con la lógica del tiempo. *In extremis*, podríamos decir que la lógica del tiempo puede ser comprendida como una faceta de la lógica dinámica. Lógicas alternativas a la LFC, en fin, a los sistemas clásicos y normales de pensamiento.

Ya en un aspecto más técnico, puede afirmarse que quizás el rasgo más sugerente de la lógica dinámica se revela en relación con los cambios de creencia o conocimiento —genéricamente dicho, en efecto, de información—.

Así, por ejemplo, si se afirma que "alguien sabe lo que alguien sabe que alguien sabe" (el cuantificador puede variar sin alterar el sentido de la proposición), una afirmación propia de la lógica epistémica —en otras palabras, por ejemplo: "A sabe que B sabe que C sabe…"— dicho simplemente en términos genéricos, se está hablando de redes de conocimiento o de creencias que admiten conmutatividad, sin ninguna dificultad, y también asociatividad. Las creencias compartidas son creencias que cambian en redes de agentes con distintos tipos de relacionamiento entre sí.

Existen, en ocasiones, cambios en las creencias de los seres humanos. Y también existen revisiones de las creencias. Este tema da lugar a lo que se denomina como lógica dinámica doxástica —en

referencia a la *doxa* griega, que significaba opinión o creencia; la *doxa* se distinguía claramente de la *episteme*, el más profundo de los rasgos que separan al filósofo (Sócrates) de la sofística—.

Pues bien, cuando alguien anuncia públicamente una información, conocimiento o creencia —para el caso pueden ser tomados como equivalentes—, puede afirmarse sencillamente que se anuncia Φ. Ahora bien, si es el caso que una creencia determinada no es verdadera y no lo sabemos, entonces dicha creencia o información se vuelve falsa una vez que ha sido anunciada. Formalmente la expresión es la siguiente:

$$\phi=\varphi\bigwedge\text{-}K a\varphi$$

Digamos, puntualmente, que este puede ser efectivamente el caso de las llamadas noticias falsas (*fake news*), un neologismo para la mentira, la sofistería, la mendacidad y la falsedad.

6.13. La lógica multimodal

La diferencia entre la lógica modal y la lógica multimodal consiste básicamente en la existencia de más de un operador modal originario; esto es, un conector lógico. Una manera de entender esto es como el tránsito de proposiciones atómicas a proposiciones moleculares, es decir la existencia de frases compuestas y gramaticalmente complejas gracias a numerosos y distintos complementos.

Existen y son posibles, así, lógicas bi, tri, tetra modales y otras más complejas. Un ejemplo sería, gracias a la lógica del tiempo, la consideración de dos modalidades: "alguna vez en el tiempo", "alguna vez en el futuro", "una vez en el pasado", por ejemplo. El campo de trabajo prioritariamente tiene lugar en las ciencias de la computación.

Las lógicas multimodales extienden diversos vasos comunicantes hacia otras LNC: notablemente, la lógica del tiempo, la lógica epistémica y la lógica dinámica. El concepto de lógicas multimodales aparece por primera vez en 1980. Con frecuencia se las denomina igualmente como lógicas polimodales.

El aspecto central es que las lógicas multimodales ofrecen, manifiestamente, la posibilidad de combinar diversas lógicas. Todas las condiciones para el pluralismo lógico quedan sólidamente sentadas.

6.14. Las lógicas polivalentes

Las lógicas polivalentes tienen su origen en los años veinte gracias a que su padre, Jan Lukasiewicz, tenía algunas preocupaciones filosóficas en torno a las ideas de libertad, indeterminación, futuros contingentes, modalidad y las paradojas en el marco de la teoría de conjuntos. Estas ideas son desarrolladas posteriormente también por Post, Kleene, Bochvar, y otros, hasta que en los años setenta y ochenta se consolida, se amplía y se fortalecen las lógicas polivalentes.

De manera genérica, cabe distinguir entre sistemas polivalentes finitos y sistemas polivalentes infinitos.

El primer rasgo liberador o subversivo de las lógicas polivalentes es su rechazo del principio de tercero excluido y del principio de contradicción de la LFC. Como es sabido, la LFC formaliza el pensamiento occidental, el cual es esencialmente analítico y tautológico. El fundamento lógico de la civilización occidental es el principio de tercero excluido, que afirma que es imposible que una cosa sea algo y lo contrario al mismo tiempo: $p \wedge \sim p$. Quizás la génesis de esta creencia se encuentra en el poema de Parménides. El principio de tercero excluido se afirma por vía de contraste por medio del principio de contradicción —llamado en numerosas ocasiones también como principio de no contradicción—. Como consecuencia, Occidente les tiene miedo a las contradicciones, y busca evitarlas o

resolverlas a como dé lugar. Pues bien, una de las fuentes liberadoras de esta dúplice creencia son las lógicas polivalentes (LP).

Las LP se articulan inicialmente como lógicas trivalentes, pero posteriormente se desarrollan hacia lógicas tetra, penta, exa y heptavalentes. Hablando en un sentido laxo, podría hablarse de lógicas infinivalentes, pero con la precaución de la prudencia, pues más allá de la lógica hepta y hasta octovalente muy poco se ha avanzado en la actualidad en relación con sus sistemas de formalización y por tanto de cuantificación —por ejemplo, el cálculo de estas otras lógicas, su desarrollo como teorías de modelos y otros aspectos técnicos—. Las lógicas infinivalentes se designan como de n-valores y cabe legítimamente hacer la analogía con la teoría de juegos, particularmente cuando se trata de juegos de n-jugadores. El tema que inmediatamente emerge, en un caso como en el otro, es el trabajo con matrices magníficamente complejas.

Pues bien, la lógica trivalente —que es la que históricamente ha predominado durante mucho tiempo— permite comprender que los valores dejan de ser dos, como en la LFC, que es binaria. Los valores en la lógica trivalente son: verdad, falsedad e incertidumbre o indeterminación. En la literatura especializada sobre el tema el tercer valor es designado con otras expresiones, como ausencia de significado (*meaningless*) y otros.

Una consecuencia fundamental gracias al surgimiento de las LP es que las paradojas dejan de existir. Por definición, las paradojas surgen y se sostienen en el marco de una lógica binaria, bivalente o dualista; pero una vez que se ha accedido a lógicas de múltiples valores, las paradojas sencillamente estallan o se difuminan: desaparecen.

Como quiera que sea, una serie de cuestiones filosóficas y de explicaciones intuitivas han sido reevaluadas o problematizadas, y sin embargo las interpretaciones algebraicas permanecen intactas, lo cual se traduce en una robustez de esta clase de lógicas. Uno de los aspectos más sensibles en los cuestionamientos y reflexiones originadas es que los problemas que plantea la lógica trivalente coinciden con los que surgen en el marco de la física cuántica.

Vale la pena señalar de manera puntual los valores constitutivos de las demás LP. En el caso de la lógica tetravalente, los valores son: verdad, falsedad, verdad y falsedad, ni verdad ni falsedad. Por su parte, la lógica pentavalente tiene como rasgo distintivo los siguientes valores: verdad, falsedad, suspendido, indefinido y sobredeterminado. En cuanto a la lógica hexavalente, los valores —¡o verdades! — que la definen son: verdad, falsedad, desconocido, desconocido —como valor intermedio de verdad entre desconocido y verdadero—, desconocido —como valor intermedio de verdad entre desconocido y falso— y contradicción. Finalmente, la lógica heptavalente ha sido estudiada sistemáticamente por parte de una escuela en la India llamada Jain[33]. Técnicamente, se habla de los siete predicados, antes que de siete valores. Estos predicados son:

i. De manera razonada, puede decirse que algo existe.
ii. De manera razonada, puede decirse que algo no existe.
iii. De manera razonada, algo existe; pero también razonablemente, no existe.
iv. De manera razonada, no es posible afirmar algo.
v. De manera razonada, algo existe; y razonablemente puede decirse que no se puede afirmar.
vi. De manera razonada, algo no existe; y razonablemente, no puede afirmarse (algo al respecto).
vii. De manera razonada, algo existe; y razonablemente no existe; y razonablemente no puede ser afirmado.

Como se aprecia hablar de una lógica heptavalente es en realidad una trasposición que estrictamente hablando no existe en el corpus de las LP, pero cuya tematización —no formal ni axiomática— sí

33. La filosofía Jain es la más antigua de las escuelas filosóficas en la India; separa totalmente el cuerpo del alma.

ha sido el objeto por parte de otros estilos de pensamiento; en este caso, una escuela de la filosofía hindú.

Una reflexión cuidadosa del breve panorama de las lógicas tetra, penta, hexa y heptavalentes permite ver un proceso de complejización del pensamiento que desplaza perfectamente a la habitual lógica binaria o bivalente. Es posible pensar de otras maneras, entre otras razones porque otras maneras de pensar ya han sido elaboradas. La educación y la cultura normales habidas e imperantes tienen un profundo retraso con respecto al panorama de las lógicas polivalentes. Pero, equivalentemente, el panorama observado pone de manifiesto que es perfectamente posible y legítimo el desarrollo de sistemas alternativos de pensamiento. En el desarrollo de estos otros sistemas alternativos va el propio destino de la familia humana.

7 El panorama y la impronta de las LNC

Las lógicas no clásicas constituyen un panorama amplio, en desarrollo y robusto de diversos sistemas de verdad, diversos sistemas de consecuencia, de diversas maneras de pensar y de decir el mundo.

La figura 6 presenta el panorama general y una versión de las relaciones entre varias de las LNC.

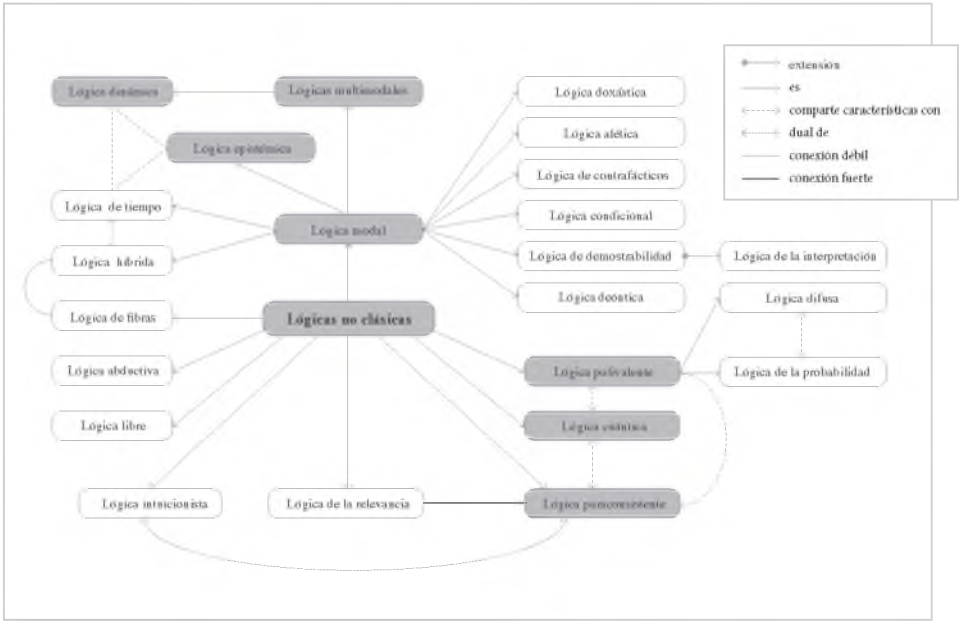


Figura 6. Panorama general de las LNC

Fuente: Elaboración del autor

Existen LNC que proceden directamente de la lógica formal clásica, y hay también otras cuyo origen nada tiene que ver, directa y necesariamente, con la LFC. Un ejemplo claro del primer tipo es la lógica modal. Por su parte, un ejemplo ilustrativo del segundo caso es la lógica cuántica o la lógica libre.

La figura 6 ha sido organizada con carácter pedagógico, para mostrar las lógicas que genéticamente se encuentran en la base de otras, y la creciente diversificación al interior de las LNC. Con evidentes orígenes en la lógica de Aristóteles, la lógica modal sirve como semilla, si cabe, de diversas LNC. La razón tiene que ver con varias ideas de origen aristotélico, a saber: el afán práctico por el conocimiento, la preocupación por la praxis, en fin, las semillas de una lógica y de una ética consecuencialista. Ahora bien, esto no quiere decir, en absoluto, que las LNC se originen en Aristóteles, pues ni él mismo ni su tradición hizo jamás de la lógica modal un tema principal. Hay que esperar hasta comienzos del siglo XX cuando la lógica modal se convierte en un personaje principal en la obra de la lógica, por así decirlo.

Podemos decir que hay varios subconjuntos al interior de las LNC. Uno primero, evidente, es el que en la figura 6 aparece a la izquierda arriba: la lógica dinámica, la lógica epistémica, la lógica del tiempo y las lógicas multimodales. Son varios los denominadores comunes a ellas, pero uno evidente tiene que ver con el marco cultural, científico y filosófico en el que surgen, que tiene que ver con la incorporación del tiempo, de variaciones y cambios en los sistemas de verdad, la importancia de la relatividad —en toda la acepción de la teoría de la relatividad de Einstein— del sujeto cognoscente, y las diversas maneras de comprender tanto a numerosos sujetos que actúan, como a las diversas formas de acción al interior de un mismo marco referencial.

Aunque sin vínculos fuertes entre sí, un segundo conjunto podría estar constituido por las lógicas que se encuentran a la derecha arriba. Un rasgo común a este conjunto de lógicas es el cuestionamiento, la problematización o una tematización no clásica (justa-

mente) de "verdad". Un lugar propio ocupa la lógica de contrafácticos, la cual podría ser vista, sin dificultades, como inspirada o con una deuda genética con la lógica clásica.

Quizás el subconjunto más robusto es el de las lógicas que se encuentran a la derecha abajo: las lógicas polivalentes —y entonces, necesariamente, la lógica difusa—, la lógica probabilística, la lógica cuántica y la lógica paraconsistente. Puede decirse que este es el grupo de las lógicas más "maduras" en el panorama de las LNC, y tienen fuertes vínculos con diversos campos científicos (ciencias y disciplinas).

Un cuarto subconjunto estaría conformado por las lógicas que se encuentran a la izquierda abajo, desde la lógica de la relevancia, que tiene nexos sólidos con la lógica paraconsistente, hasta las demás, más a la izquierda. Manifiestamente existen vínculos fuertes entre la lógica libre y la lógica intuicionista, y hemos incluido en este panorama a la lógica abductiva aun cuando su padre (Charles Sanders Peirce) no tuviera, ni directa ni indirectamente, ni siquiera *avant la lettre*, un interés por los temas y problemas propios de la complejidad. Como quiera que sea, la lógica abductiva no es como la LFC.

Finalmente, un quinto subconjunto está constituido por las lógicas subestructurales, conformadas por la lógica de la relevancia, el cálculo Lambek y la lógica linear de la computación. De origen reciente, las lógicas subestructurales constituyen alternativas débiles a la lógica formal clásica, pero apuntan hacia una comprensión más amplia con respecto al intercambio de asociatividad. La complejidad puede ser ampliamente entendida en este subconjunto, mucho mejor que en el marco de la simple lógica formal clásica.

En la figura 6 el recuadro a la extrema derecha arriba busca brindar una idea de los nexos y conexiones entre diferentes lógicas filosóficas.

Como quiera que sea, un muy fuerte hilo conductor que permite unificar al estudio de los fenómenos, comportamientos y sistemas caracterizados como complejos con las LNC es el papel de la in-

formación. Esta idea permite una puntualización importante acerca de las ciencias de la complejidad y los sistemas sociales.

Como ha sido puesto de manifiesto de manera suficiente por parte de la ciencia, la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia en general, la teoría más robusta, fuerte, testeada, confirmada, verificada o falseada es, de lejos, la teoría cuántica. De hecho, esta teoría es la que se encuentra en la base de toda la tecnología de punta en el mundo, en el sentido al mismo tiempo más amplio y fuerte de la palabra. Cabe hablar de teoría cuántica y no ya simplemente de física cuántica, por cuanto existe también una biología cuántica, una química cuántica; existe la discusión acerca de los efectos cuánticos en la estructura y el funcionamiento del cerebro (Hameroff y Penrose), y también en el estudio de diversos sistemas sociales humanos.

Pues bien, la teoría cuántica es eminentemente no lineal y en la base, en los cimientos de la complejidad, se encuentra aquella teoría[34]. La expresión más reciente de la física en general, y de la teoría cuántica es la información. Mejor aún, en propiedad, puede decirse que los sistemas complejos ganan información, aunque no por ello necesariamente memoria. Es el proceso mismo de ganar información lo que los hace no lineales.

Es exactamente en este sentido que se puede decir que quizás el más fuerte vínculo entre las ciencias de la complejidad, las dinámicas en general de los sistemas sociales y las LNC es la información. Del lado de las LNC, cabe distinguir legítimamente entre las lógicas no monotónicas —que es en rigor la LFC— y las lógicas monotónicas. Una lógica se dice que es monotónica cuando nueva informa-

---

34. La otra teoría más fuerte, consolidada y probada en la historia es la teoría de la evolución. Hasta el punto de que, como lo ha puesto en evidencia una investigadora, si le quitamos al mundo actual la teoría de la evolución toda la civilización se va a pique. Es el punto arquimédico de toda la sociedad, hoy en día. En otros lugares he sostenido que pensar en términos de complejidad es equivalente a pensar en términos evolutivos. No tengo aquí el espacio para dedicar una extensión mayor a la teoría de la evolución.

ción no altera ni modifica información previamente adquirida. Por el contrario, cuando nueva información modifica o altera información previamente adquirida se dice que tenemos lógicas no monotónicas. Estas últimas son, sencillamente, lógicas que aprenden y saben de adaptación —como la vida misma—. Aquella otra es, por el contrario, el epítome del fundamentalismo, los mitos fundacionales y demás posturas ortodoxas y conservadoras.

Así, pues, las LNC corresponden a sistemas que aprenden y se pueden adaptar, algo que difícilmente puede decirse de la lógica clásica o de la LFC. De manera significativa, algunas de las LNC saben de tiempo (la lógica del tiempo, la lógica dinámica) y reconocen, por consiguiente, que el tiempo modifica el valor de verdad o de falsedad de una proposición. En contraste, la LFC no sabe absolutamente nada del tiempo —análogamente a toda la ciencia clásica—. Como es sabido, por su parte, en el marco de las ciencias de la complejidad, el factor determinante que hace que las cosas se complejicen… Es más: que es la complejidad es el tiempo mismo, desde la obra de Prigogine hasta los más recientes desarrollos en computación o en ciencia de redes.

En términos generales, las LNC conforman un conjunto amplio, difuso y móvil al mismo tiempo de conocimientos y de formas de comprensión y desarrollo del conocimiento en términos inmensamente más rigurosos por dúctiles. Sin la menor duda, la variación que permite el paisaje de las LNC permite, convenientemente empleadas —con un conocimiento en cada caso riguroso, y en función de los marcos de trabajo y de los intereses de investigación, por ejemplo— hacer uso de alguna o algunas de las LNC en las inferencias acerca del mundo, en fin, en los grados y modos de verdad del mundo en cada situación o circunstancia.

En efecto, si la LFC es lógica del mundo en general, las LNC son lógicas de situaciones, momentos, sujetos, grados o modos del mundo. Esto tiene que ver con el ABC de la filosofía de la ciencia, a saber: una buena teoría, una buena ciencia no es ciencia o teoría del mundo en general. Por el contrario, es ciencia o teoría de lugares

o momentos del mundo y del universo. En contraste, ejemplos de teorías universales y generales sin más es la pseudo-ciencia, y dos ejemplos evidentes son la numerología y la astrología. La ciencia de punta en el mundo actual lo es de parcelas o momentos del universo o la realidad[35].

Una observación importante se impone: es posible la búsqueda de una teoría unificada del mundo en general. Como es sabido, no fue otro el motivo que condujo a la creación y desarrollo del Círculo de Viena, a comienzos del siglo XX. En otro plano, Edward O. Wilson ha llamado fuertemente la atención en la dirección de una unificación de las ciencias que él denomina como *consiliencia* (su propuesta ha sido objeto de críticas provenientes de diversos ámbitos). Ayer, como hoy, es posible trazar un mapa de la búsqueda de una ciencia o teoría unificada del universo. En el epílogo volveremos sobre este asunto.

35. Esta idea merece una observación puntual: en física, la idea de la Gran Teoría Unificada (GTU) ha conocido recientemente matices importantes que permiten pensar razonablemente que una teoría semejante lo sería tan solo de la franja del universo observable y conocido, pero que en la idea de otros universos no se sostendría ya necesariamente.

8 Los sistemas sociales

Debemos distinguir tres clases de sistemas sociales: sistemas sociales naturales, sistemas sociales humanos y sistemas sociales artificiales. Hoy por hoy, el lugar en el confluyen los tres es la ciudad, con todo y las distinciones entre pequeñas, medianas, grandes ciudades y metrópolis y megalópolis, por ejemplo.

Recordando la cuchilla de Ockham, tener (¡por lo menos!) tres teorías para las tres clases de sistemas sociales es epistemológicamente muy costoso. Desiderativamente debería ser posible una teoría transversal, unificada, integral, o como se la quiera llamar, a los tres tipos de sistemas sociales. Una idea semejante permanece ahora, simplemente, como un deseo o una exhortación. Y sí, también en complejidad aplica la cuchilla de Ockham.

Esta consideración interpela, frontalmente, al tema de una "teoría" —de la complejidad o de los sistemas sociales, algo sobre lo que volveremos hacia el final de este trabajo—. Como quiera que sea, en el estado actual de las cosas, el estudio de los sistemas sociales adolece de una más bien amplia variedad de teorías y explicaciones, la mayoría de ellas, como sostenían, en contextos distintos, autores tan disímiles como R. Merton (1980) o R. Boudon (1991), teorías de rango medio o teorías de alcance intermedio (*middle-range theories*).

De manera habitual, todas las ciencias sociales han estado marcadas por el espíritu y/o la letra de la mecánica clásica; esto es, por la relación entre dos cuerpos e, implícitamente, por la ley de acción-reacción. Una ilustración del carácter binario —o dualista— predominante en la corriente principal de las ciencias sociales puede apreciarse en las siguientes relaciones, ampliamente dominantes en muchos campos y explicaciones:

- Nación-territorio
- Comprador-vendedor
- Oferta-demanda
- Ciudadano-representatividad
- Derechos-deberes
- Médico-paciente
- Profesor-estudiante
- Hombre-mujer
- Hombre-naturaleza
- Actor-espectador
- Artista-curador
- Hablante-oyente
- Individuo-sociedad
- Preferencias-utilidades
- Aseguramiento-riesgo
- Centro-periferia

La manera, de un lado, como se comprenden, y al mismo tiempo, de otra parte, como se gestionan en general los sistemas sociales humanos es en la forma de sistemas duales o binarios, así: A se enfrenta o se resuelve en relación a B, y el ganador o el que ofrezca mayores ventajas, etc., se enfrenta o se resuelve en relación a C, y así sucesivamente.

A su vez, la comprensión normal de los sistemas sociales naturales o artificiales se entiende de la misma manera. Un ejemplo claro es la ecuación Lotka-Volterra entre presa y depredador y que, verosímilmente, serviría como modelo de explicación de numerosos análisis acerca de la naturaleza. Ya Newton ofrece un cuadro suficientemente conocido fundado en las tres leyes formuladas por él y que sirven como basamento a la mecánica clásica cimentada en el estudio de dos cuerpos.

Gracias a Henri Poincaré, los estudios físicos y matemáticos lograron ampliar el esquema dualista del universo, ampliándolo a sistemas de tres cuerpos. Y es en la segunda mitad del siglo XX cuan-

do el modelo explicativo logra ampliarse a sistemas de n-cuerpos. Lo que se gana de este modo es una capacidad comprensiva mucho mejor acerca de la complejidad de los cuerpos del universo y la realidad. Pues bien, quiero sostener aquí que numerosas lógicas no clásicas contribuyen activamente en el esquema que las matemáticas y la física ofrecen de acuerdo con lo que precede. A fin de entender de qué manera es posible comprender a los sistemas sociales con la ayuda de las LNC, se hace necesaria la siguiente puntualización.

Los sistemas sociales son sistemas dinámicos. He aquí una afirmación trivial. Sin embargo, una mejor comprensión implica las siguientes observaciones. En propiedad, es preciso distinguir diversas clases de sistema dinámicos, así:

i. *Los sistemas dinámicos clásicos*: son aquellos en los que, matemáticamente, una regla describe el modo en el que un espacio geométrico depende del tiempo.
ii. *Los sistemas dinámicos hamiltonianos*: son sistemas gobernados por las ecuaciones de Hamilton, que son propios de la mecánica clásica. La mecánica hamiltoniana es el estudio del movimiento de un objeto sometido a diferentes fuerzas.
iii. *Los sistemas dinámicos lagrangianos*: son aquellos en los que una función matemática permite compendiar toda la dinámica de sistema, y habitualmente hace referencia al principio de la menor acción.
iv. *Los sistemas dinámicos de la mecánica estadística*: es evidente que los sistemas dinámicos producen ciertos efectos en la mecánica estadística. Algunas de las propiedades de esta clase de sistemas dinámicos son el teorema KAM (conocido así por Kolmogorov, Arnold y Moser), los toros, puntos singulares y regiones caóticas.
v. *Los sistemas dinámicos de la termodinámica*: son sistemas que se encuentran a medio camino —en rango medio, en rigor— entre sistemas clásicos y sistemas

termodinámicos estadísticos. Sencillamente, se trata del estudio de cómo los subsistemas termodinámicos interactúan entre sí y con su medioambiente.

vi. *Los sistemas dinámicos de la mecánica cuántica*: propiamente hablando, se trata de los temas relativos al caos cuántico. Es decir, es el estudio de la forma como los sistemas dinámicos clásicos caóticos pueden ser entendidos en el marco de la teoría cuántica. El núcleo de las preocupaciones puede ser resumido en el estudio de las relaciones entre la mecánica cuántica y el caos clásico.

vii. *Los sistemas dinámicos no lineales*: digamos que esta clase de sistemas son imposibles de describir cuando el cambio de cantidades en el tiempo resulta no lineal, pues no cabe resolver las ecuaciones. Es entonces cuando aparece el caos. En estos casos, es imposible descartar la incertidumbre, no cabe predecir o anticipar las dinámicas, en fin, el fenómeno del caso se torna de complejidad creciente. De todos, estos son los más difíciles, apasionantes, problemáticos, atractivos —como se quiera— de todos los sistemas dinámicos, y ellos definen el foco de todo el interés de trabajo de los complejólogos.

viii. *Los sistemas dinámicos de la teoría KAM*: el teorema KAM es el resultado en los sistemas dinámicos de movimientos cuasiperiódicos en condiciones de pequeñas turbulencias. Una forma habitual como es tratada esta teoría es en términos de trayectorias en un espacio de fases de un sistema hamiltoniano.

La marca de calidad de la naturaleza no es la permanencia o la estabilidad, sino el cambio. Como en otro contexto lo pusiera de manifiesto una autora, la historia es lo que acontece cuando la geología nos lo permite. La gestión y la comprensión de los sistemas sociales al margen de marcos y referencias más amplios y definitivamente de largo alcance resultan en una empresa infructuosa. La geología,

la biología evolutiva y la cosmología, entre otros, emergen como ejemplos conspicuos al respecto.

De manera general, las LNC admiten y exigen al mismo tiempo tener de entrada, de forma rigurosa, aspectos tales como la incertidumbre (lógicas trivalentes), las variaciones y el cambio (lógica dinámica), contradicciones no triviales (lógica paraconsistente), variedad y escalas de verdad y verosimilitud (lógicas polivalentes), el tiempo y los temas y problemas de datación (lógica del tiempo), la importancia de los contextos y los marcos, así como su variabilidad (lógica de la relevancia) o, incluso, la importancia de la imaginación, la fantasía, la exploración y las pompas de intuición (lógica de contrafácticos). Sin forzar las cosas, las LNC contribuyen ampliamente a la comprensión de las dinámicas y las estructuras de los diferentes sistemas sociales en el universo, en su complejidad.

Los tres tipos de sistemas sociales se entroncan mediante diversos puentes o vasos comunicantes. Sin la menor duda, la mejor ciencia que permite comprender a los sistemas sociales naturales es, en la tierra, la ecología, y en el espacio exterior, la teoría cuántica[36]. Los sistemas sociales artificiales pueden idóneamente ser entendidos con la ayuda de las ciencias de la computación. Por su parte, los sistemas sociales humanos disponen de una variedad amplia y disímil de ciencias, disciplinas y teorías que las expliquen. Entre el cruce entre varios de estos sistemas emerge recientemente la ciencia de redes complejas (*theory of small world*), la inteligencia de enjambre, los estudios sobre sincronización, o percolación, por ejemplo, todos ellos en el contexto de las ciencias de la complejidad.

Cabe aquí hacer una puntualización. La lógica cuántica tiene como problema de base el estudio de si lo que sabemos del universo

---

[36] Digo teoría cuántica por cuanto existe la física cuántica, la biología cuántica, la química cuántica, toda la tecnología de punta fundada en principios cuánticos, la comprensión del funcionamiento de la mente y el cerebro en términos cuánticos (Hameroff y Penrose) e incluso algunas consideraciones cuidadosas acerca de la física cuántica y los sistemas sociales humanos.

macroscópico se corresponde o no, y si sí, cómo, con lo que sabemos del universo microscópico. Sin embargo, una mirada más atenta al problema permite reconocer dos cosas, así: la teoría cuántica no se ocupa (exclusiva o principalmente) de fenómenos microscópicos, sino, mucho mejor, de fenómenos y comportamientos que suceden en contextos de tiempos microscópicos. La siguiente tabla ilustra bien esta precisión puntual.

Tabla 4. Tiempos macroscópicos y tiempos microscópicos

Tiempos macroscópicos	**Tiempos microscópicos**
Segundo = 1/60 minuto	Mili = 10^{3}
Minuto = 1/60 hora	Micro = 10^{6}
Hora = 1/24 día	Nano = 10^{9}
Día = 24 horas	Pico = 10^{12}
Año = 365 días	Femto = 10^{15}
Siglo = 100 años	Atto = 10^{18}
Millones de años = 10^{6} años	Zecto = 10^{21}

Fuente: Elaboración del autor.

Es una característica al mismo tiempo tecnológica y científica que los tiempos llamados "reales" son cada vez más tiempos microscópicos. Así, por ejemplo, el tiempo en salud, en toma de decisiones militares o de seguridad, en fenómenos financieros, etc. Las ciencias sociales y la ecología generalmente permanecen tan solo en el recuadro izquierdo, el de tiempos macroscópicos. Comparativamente con los tiempos microscópicos, aquellos son exageradamente lentos. Pero es en ellos en donde transcurre, en la superficie, por así decirlo, los más grandes, apasionantes o dramáticos fenómenos sociales y de los sistemas vivos.

De manera atávica, las ciencias sociales y humanas permanecen, *grosso modo*, ignorantes de los tiempos, fenómenos y com-

portamientos en la escala microscópica. Ninguna comprensión o explicación de la realidad es posible solamente con una de las dos escalas. Se hace absolutamente necesario el cruce o el diálogo o las convergencias (parciales) entre ambas. De las LNC, la lógica cuántica puede cumplir quizás el mejor papel de puente, y ello tiene que ver directamente con los alcances en general de la teoría cuántica.

En cualquier caso, se trata del reconocimiento explícito de que existen tres clases de sistemas sociales, cuyo simple planteamiento pone inmediatamente de manifiesto la complejidad de la realidad y del universo. No caben aquí consideraciones acerca del principio antrópico. Por el contrario, mucho más radical, el tema que emerge en seguida ante la mirada reflexiva es el de las imbricaciones reales o posibles, potenciales y virtuales entre las tres clases de sistemas, y cómo, manifiestamente, la LFC se queda demasiado corta —si es que tiene alguna utilidad— y, en contraste, las LNC en general resultan fructíferas o sugerentes.

Es en este punto donde cabe hacer explícita una consideración que emerge ya en el seno mismo del estudio de las LNC en general y de las relaciones entre LNC y complejidad. No es, ni desde el punto de vista epistemológico, ni económico (economía de conceptos), metodológico, pedagógico o heurístico, en modo alguno, necesario partir, para el estudio de la realidad compleja, de la lógica formal clásica. Por el contrario, es perfectamente legítimo —e incluso necesario— comenzar los estudios, las reflexiones o las explicaciones desde las lógicas no clásicas mismas[37]. De manera radical, la LFC, en cualesquiera de sus expresiones, queda simplemente como un asunto de interés histórico; difícilmente más.

---

37. Esta idea merece, sin embargo, una observación al margen. El estudio de la parte formal —cuantificación, tablas de validez, formalización— de la LFC puede ser de utilidad a la hora de estudiar, justamente en términos de cuantificadores y formalización, las LNC (esto, en tanto ya se tiene una cierta experticia de lógica simbólica o matemática; pero si acaso no se la tiene, es perfectamente deseable comenzar el estudio de las LNC con todo y sus procesos de formalización sin acudir antes, necesariamente, a la LFC).

9 Lógicas del mundo y de la realidad

Podemos decir que la historia de la humanidad occidental fue, o bien de un lado el resultado del triunfo de la lógica aristotélica, o bien la lógica clásica sirvió como justificación para la historia de los últimos 2500 años. En efecto, Occidente se caracteriza por un estilo preciso de pensamiento: ser occidentales significa ser binarios, dualistas, bivalentes. Dicho en otro lenguaje: maniqueos. "O lo uno o lo otro" (Kierkegaard); "el que no está conmigo está contra mía" (*Realpolitik*). Asimismo, ser occidentales significa creer en la identidad. Y de consuno, la tercera característica de la humanidad occidental consiste en pensar en la forma (exclusiva o predominantemente) del análisis.

Evolutivamente hablando, el mérito del análisis, de la identidad y del sistema bivalente de pensar y vivir tuvo el mérito de que nos trajo hasta el presente. Esto es equivalente a sostener, en el marco de la complejidad, que el reduccionismo y el determinismo tienen el mérito —evolutivo— de que ellos nos trajeron hasta el presente. Pero de cara al futuro inmediato y al futuro a largo plazo todos ellos son insuficientes e innecesarios; es más, peligrosos, pues no permiten una estructura de pensamiento diferente (*mindset*).

Como mencionábamos antes, el estudio de los sistemas sociales puede y debe abrirse a sistemas de tres cuerpos y, más allá, necesariamente a sistemas de n-cuerpos. Sin embargo, cabe decir cosas mejores.

Los sistemas sociales no pueden ser ordenados de manera completa. Si ello es así, es posible comprenderlos y trabajarlos en términos de conjuntos parcialmente ordenados (*poset*), o acaso también, de conjuntos extremos. En otras palabras, si existen elementos de un conjunto que no tienen ninguna conexión con los de otro conjunto a los cuales el primer conjunto pertenece, entonces se

dice que el conjunto se ordena solo parcialmente. Como se observa, la relación entre conjuntos (en caso contrario, se habla en matemáticas discretas de "puntos extremos") es una elaboración bastante más refinada que simplemente relaciones entre individuos. Toda la matemática puede ser traducida y, no ya en el sentido crítico que la palabra tiene en complejidad, reducida a la teoría de conjuntos; y dos expresiones puntuales de punta son los posets, y los conjuntos extremos. En términos más elementales, se trata de comprender a los sistemas sociales en términos de otros grupos (pueden llamarse religiosos, políticos, económicos u otros), que no confluyen de modo alguno con el marco general establecido. Políticamente, la idea resulta bastante significativa.

Los sistemas sociales, de forma general —algo que se aprende particularmente cuando se los piensa en términos de *longue durée*, esto es, del tiempo a largo plazo, que es justamente uno de los rasgos distintivos de complejidad—, son esencialmente inestables, a pesar de esfuerzos como la educación, el derecho, la religión y la política —los cuatro ejes del orden, la (neo)institucionalidad, "el ser" social—. En el caso de la sociedad humana, los seres humanos son intrínsecamente cambiantes y variables, algo que ha sido ya el objeto de numerosos trabajos. Pues bien, cabe comprender a los sistemas sociales, en general, a los humanos en particular, y específicamente a los individuos humanos, con estos rasgos de variabilidad e inconstancia, gracias a varias de las LNC. Así, por ejemplo, la lógica de la relevancia, la lógica dinámica, la lógica del tiempo, la lógica epistémica o la lógica multimodal.

10 Las lógicas subestructurales

Se denominan lógicas subestructurales a un grupo de lógicas no clásicas que son más débiles que la LFC; en otras palabras, se trata de lógicas que no poseen las reglas estructurales de la LFC. Se trata, notablemente, de la lógica de la relevancia, el cálculo de Lambek, la lógica afín, la lógica apilada (*bunched logic*)[38] y la lógica lineal. Como se aprecia, los motivos que inspiran a las lógicas subestructurales provienen de la filosofía, la lingüística y la computación, tres temas recurrentes y transversales en el oficio de pensar. Las reglas que hacen falta y que definen por tanto a este grupo de lógicas son, por ejemplo, la contracción, el intercambio, la asociatividad y el debilitamiento (Paoli, 2002).

[38] La lógica apilada fue formulada por primera vez en 1999 por P. O'Hearn y D. Pym. Posteriores desarrollos por parte de ambos autores y de otros más se proyectan hasta la fecha. Su tema de base es el razonamiento acerca de la composición de recursos, que es importante en computación.

11 La construcción de mundo en el lenguaje: la lógica erotética

El lenguaje es quizás la forma fundamental de construcción de mundo, tanto más cuanto más vivo es este lenguaje. De forma general, huelga decir que existen numerosos lenguajes, pero no sobra recabar que la lógica formal clásica se ocupa esencialmente del lenguaje proposicional. Sin embargo, en la vida, es evidente que no todas las formas de comunicación son del tipo lenguaje proposicional o lógica de predicados. En numerosas ocasiones, nos comunicamos también en forma de preguntas. Incluso, en numerosas ocasiones respondemos a una pregunta con otra pregunta. Pues bien, este exactamente es el objeto de una de las LNC, la lógica erotética, más técnicamente llamada como lógica inferencial erotética (LIE).

La lógica erotética nace en los noventa y se desarrolla fuertemente hasta la fecha. Puede decirse que el padre de esta lógica es Andrzej Wisniewski, que publicó en 1995 su texto fundacional. De manera general, puede decirse que es una lógica cuyos fundamentos se inician en Polonia.

Digamos, en efecto, que de forma genérica una pregunta puede ser respondida de tres maneras, así: i) con un sí o no, ii) con respuestas abiertas o iii) con otra pregunta. La forma como la cultura y la historia han sido construidas ha sido fundamentalmente en la forma de los dos primeros modos, aunque siempre con preferencia por el primero. La cultura en general —por ejemplo la religión, la política, la economía, el comercio y las finanzas etc.— siempre estuvo definida por respuestas a preguntas en términos concluyentes, o bien de forma precisa aunque abierta. En otras palabras, una pregunta siempre estuvo respondida en términos proposicionales.

Sin embargo, es generalmente la literatura, o también, los diálogos y las conversaciones inteligentes, los que suministran ejemplos

en los que una pregunta es respondida con otro interrogante, e incluso la comunicación se extiende en una serie de preguntas que se interpelan unas con otras. Este es exactamente el dominio de la LIE y, por lo demás, sienta vasos comunicantes con otra lógica no clásica: la lógica de la ficción. Dejaré aquí inmediatamente de lado a la lógica de la ficción para concentrarme en la LIE. La razón es que existen diálogos en la sociedad orientados por preguntas. Acaso el ejemplo más clásico de todos son los diálogos de Platón, específicamente los del período socrático. Dicho de forma directa, existe cooperación con base en preguntas que se entrelazan con otras preguntas en un diálogo entre dos o más agentes.

De manera general, se han propuesto cuatro mecanismos de formulación de preguntas (Graesser *et al.*, 1992); estos son: preguntas que implican *déficit de información*, preguntas acerca de *bases comunes*, preguntas sobre *coordinación socia*l y preguntas sobre *control de la conversación*. Pues bien, el primer mecanismo plantea un puente inmediato con la lógica epistémica y, más ampliamente, con la lógica de anuncios públicos.

Un elemento importante que emerge en seguida es el rechazo de la trivialidad. Manifiestamente, no tiene sentido formular una pregunta si se conoce la respuesta. La retórica se introduce subrepticiamente, y la retórica desplaza a la lógica. Al mismo tiempo, cada respuesta directa puede ser considerada como posible. Consiguientemente, por lo menos una de las respuestas directas debe ser considerada como correcta o verdadera. Como se aprecia, el énfasis recae sobre las respuestas directas, sin desconocer que puede haber respuestas indirectas y de otros tipos que pueden ser altamente sugestivas.

De manera significativa, la lógica erotética amplía el espectro de las inferencias o implicaciones. El tema específico se denomina inferencias erotéticas. Se trata de las inferencias cuyas premisas o conclusiones consisten en una pregunta, y es exactamente esta pregunta lo que les confiere criterios de validez a dichas inferencias.

Desde el punto de vista de la teoría de las demostraciones, la lógica erotética posee dos métodos: el método socrático de demostra-

ciones, y el método que se denomina de tableros sintéticos. El método socrático emerge ante el problema que un director de tesis, por ejemplo, tiene con su estudiante: o bien le suministra la explicación —la respuesta, digamos— o bien mediante preguntas logra que el estudiante encuentre por sí mismo la explicación (es decir la respuesta). Por su parte el método de los tableros sintéticos es una demostración motivada semánticamente y un método que busca alcanzar un modelo. Este método es ampliamente usado tanto en la lógica erotética como en las lógicas paraconsistentes.

En cualquier caso, el elemento distintivo es una pregunta, y la posibilidad que una pregunta conduzca a otra más. El resultado final debe ser la resolución de un problema de perspectiva o, más sencillamente, la resolución de un problema. Una pregunta inicial puede descomponerse en —esto es, dar lugar a— otras preguntas. El sentido último es un escenario de búsqueda erotético, en el cual se busca resolver un problema particularmente complejo.

La representación del escenario de búsqueda erotético adopta la forma de un árbol y, sin embargo, es imperativamente necesario señalar que no se trata de algo así como de árboles de decisión. Mucho mejor, se trata de árboles que ya en la segunda o en la tercera pregunta asisten a una magnífica ramificación —y no ya simplemente bifurcación—, con lo cual lo que brota inmediatamente ante la mirada es la complejidad misma del problema en cuestión. El tronco consiste en una pregunta o en dos, pero muy pronto asistimos a un proceso de ramificación. La ramificación es directamente proporcional a la complejidad del problema de que se trata. La verdadera ramificación es una arborescencia. No obstante, es igualmente posible representarse los escenarios erotéticos mediante enrejados (*lattices*), análogamente a lo que sucede en la física cuántica en general y en la lógica cuántica en particular.

La semántica de la lógica erotética se dice que es una semántica orientada a la conversación, y en toda conversación, en este contexto, participan siempre más de dos agentes. Filosóficamente, el tipo de conversación de que se trata aquí es un ágape, como en el *Banquet*e

(o *Simposio*) de Platón. Lo contrario es un diálogo, que es siempre el tema que acontece entre solamente dos agentes. Como se aprecia sin dificultad, la conversación (banquete) es de una complejidad mayor que el diálogo. La complejidad estriba en la existencia de numerosos agentes y en la no linealidad de la conversación.

En consecuencia, en una conversación existen grupos y subgrupos, muchos de ellos se disuelven y dan lugar a otros; en un momento determinado hay un gran grupo pero que nuevamente se divide incluso hasta que haya diálogos al interior de toda la conversación. Pues bien, la complejidad de la lógica erotética en general consiste en la formalización de las preguntas constitutivas o emergentes. Una conversación casi siempre se inaugura con una pregunta.

La formalización del lenguaje erotético admite diversas vías, desde la lógica proposicional clásica, a los escenarios en los que logra (o se elige) (*pick*) una información (*information-picking scenario*), o el trabajo con varias de las lógicas polivalentes. Lo verdaderamente relevante es que en la lógica erotética es posible el reconocimiento expreso de que se pueden alcanzar inferencias o implicaciones con múltiples conclusiones, no con una sola. Simple y llanamente, en la conversación existen diversos escenarios, pero ello no impide que en cada escenario sea posible alcanzar una situación cognitiva determinada. El asunto significativo es que en la conversación hay conclusiones que no son necesariamente congruentes unas con otras. En cualquier caso, el alma del tema habrán sido las preguntas.

Los contextos erotéticos son modulares, y pueden ajustarse en función de intereses epistémicos, de implicaciones falsacionistas o de búsqueda de información. Según el caso, pueden identificarse procesos de cooperación o de no cooperación, exactamente en el sentido de la teoría de juegos. Por derivación, pueden identificarse, igualmente, la existencia de gorrones (*free-riders*).

Digamos que, en un sentido amplio, mientras que una cierta lógica dialógica tendría como finalidad arribar a enunciados verdaderos y carentes de duda, la lógica erotética encuentra en las preguntas el hilo conductor que, acaso mediante preguntas auxiliares, pueda

arribar a la conclusión de un razonamiento que no termina necesariamente en una respuesta, sino en una pregunta o en una serie de interrogantes. La lógica erotética sirve, en consecuencia, como la herramienta que permite comprender la construcción de preguntas e interrogantes, si tal es el caso.

Ahora bien, en algunos de los desarrollos más recientes, la lógica erotética ha sido implementada mediante el uso de algoritmos, y se han propuesto escenarios de lenguajes artificiales o de lenguajes formales para el trabajo con ella. Como quiera que sea, el terreno más fértil para el trabajo con la lógica erotética son los lenguajes naturales, los cuales están conformados no solamente por interrogantes, sino también por implícitos, ambigüedades, ambivalencias, con ausencia de información o información parcial. Se sientan, así, las bases para el paso siguiente: la lógica de la ficción.

En síntesis, pensamos a través del lenguaje. Es más, la complejidad de la vida consiste exactamente en el mismo proceso de complejización del lenguaje; por ejemplo, en su capacidad expresiva, o en su riqueza lexicográfica o acaso también en reconocer la importancia del silencio, en muchas ocasiones. Desde el punto de vista evolutivo y antropológico, el lenguaje humano no estuvo constituido en su origen por gritos y las onomatopeyas de las cosas. Por el contrario, en el origen del lenguaje estuvo la música, y, en su base originaria, hablábamos cantando, y la musicalidad acompañaba los procesos de significación. Exactamente en eso consiste el mito, que es todo lo contrario al lenguaje declarativo, en prosa, insulso y plano que es el logos. La naturaleza está allí para recordárnoslo: el llamado ruido de la selva son los cantos de las aves y tantos más animales, combinados con el ulular del viento y los bailes con las hojas de los árboles[39].

---

[39] B. Krause, *The Great Animal Orchestra. Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*, New York, Back Bay Books, 2013. En la misma dirección, pero de otra parte, véase: R. Carson, *Silent Spring* (Introduction by Lord Shackelton, Preface by Julian Huxley, R.R.S., With a new Afterword by Linda Lear), Penguin Books, 2000.

Al mito sigue el verso, a la poesía la prosa. Hasta cuando se le hace creer a Occidente, erróneamente, que el lenguaje proposicional es el más fundamental y que toda pregunta exige o demanda una respuesta. No cabe menoscabar el sentido incluso poético que contienen las LNC; aquí, la lógica erotética.

12 Lógica de la ficción

"La realidad" es lo que el cerebro cree que es real. Un filósofo y psicólogo ampliamente desconocido (excepto para quienes han profundizado en los contextos históricos del origen de la fenomenología), Alexius Meinong, formuló la distinción entre objetos reales existentes y objetos reales no existentes. Algunos ejemplos de objetos reales no existentes son el coronel Aurelio Buendía, Anna Karenina, Raskolnikov, o Romeo y Julieta. Los ejemplos pueden multiplicarse a voluntad. Son reales en cuanto literalmente vivimos sus amores y angustias, sus penas y alegrías, pero son no existentes en el sentido empírico que la percepción natural entiende a los objetos que existen; por ejemplo, como dados a través de los sentidos.

El tema de realidades que son reales aunque "no existan" atraviesa una variedad de campos, como la psicología y la psiquiatría, la filosofía y las matemáticas, las neurociencias y la lingüística, entre otros —para no mencionar la religión, la espiritualidad o la importancia de las iglesias (tres temas que se relacionan en ocasiones fuertemente entre sí, pero son completamente distintos)—.

Pues bien, un campo conspicuo del que brotan y en el que se cruzan realidades existentes y realidades no existentes es la literatura en general (el teatro, la ficción, la poesía, etc.). Es exactamente sobre este terreno que nace y se desarrolla una de las más recientes lógicas no clásicas, la lógica de la ficción.

Tracemos inicialmente algunas diferencias rápidas. La lógica de la ficción no tiene nada que ver con la teoría literaria, con la historia de la literatura o con la filosofía de la literatura, por ejemplo. Encontrando sus raíces originariamente en un trabajo fundacional de J. Woods de 1969 (Woods, 1969) y desarrollado posteriormente en 2003 (Woods, 2009), la lógica de la ficción se desarrolla en el

curso del siglo XXI particularmente y constituye una de las LNC más sugestivas por sus entrecruzamientos con varias otras LNC. Por decir lo menos, la función en general de la literatura no consiste en plasmar el mundo, sino, mucho mejor, en crear nuevos mundos; por ejemplo, crear personajes, crear situaciones, en fin, crear realidades tal cual: el problema de las relaciones entre la llamada "realidad objetiva" y las realidades creadas, por ejemplo por la literatura o más ampliamente por las artes, es en verdad un pseudo problema, un asunto trivial. Lo que sí puede decirse, *grosso modo*, es que existe una especie de omnisciencia por parte del autor —por ejemplo puede dar muerte a un personaje— o bien por parte de quien funge como narrador principal de la historia, explícito o tácito.

Las ficciones no tienen referentes, en el sentido preciso de la lógica formal clásica (Frege y Russell) y de la filosofía analítica (Strawson). Cada obra de ficción —digamos cuento, novela y demás— posee su propia lógica, y trata en general de situaciones que rayan con lo imposible, cuando se lo mira con los ojos del sentido común, acostumbrado a creer en "la realidad". De esta suerte, las obras literarias no son verdaderas o falsas. Pueden ser hermosas o espeluznantes, pero difícilmente cabe decir que de ellas verdad o falsedad. Por extensión, aunque no es el tema de la lógica de la ficción, lo mismo cabe decir de las obras artísticas: la música, la fotografía, el ballet, la arquitectura, etc. El problema que emerge es el de una teoría de la semántica de la ficción; esto es, las proposiciones de la ficción, ¿de qué tipo entonces son?

Los personajes de ficción, sus relaciones y circunstancias, sus propiedades, etc., carecen de existencia en cualquier acepción de la palabra. Incluso el tema de que algunos de ellos se inspiren en la realidad es algo sencillamente fortuito. Lo verdaderamente esencial es lo que es, lo que hace, lo que vive, lo que experiencia y significa cada personaje de la ficción. Puede ser posible incluso que una determinada persona del mundo "real" sea ficcionalizada; aun así, muchas de sus propiedades o características adquieren sentido por sí mismas,

independientemente de la relación referencial hacia el personaje del mundo cotidiano, histórico o social.

Un rasgo importante en la ficción, en contraste con el mundo real existente, es que muchas de las cosas que hacen los personajes no son objeto de crónicas; esto es, hacen muchas cosas y les suceden muchas cosas que no aparecen claramente en el relato. O bien se dan por supuestos, o bien suceden en la tras-escena, sencillamente. Mientras que el mundo de lo real existente demanda, por lo menos en principio o teóricamente, una transparencia total, el mundo de la ficción se teje con sobreentendidos, ambigüedades, ambivalencias, opacidades e incluso imposibilidades. Sin la menor duda, es perfectamente posible escribir obras de ficción en las que las leyes de la física o de la lógica se violan[40].

Desde este punto de vista, la lógica de la ficción se cruza, acaso como ninguna otra, con varias de las LNC; así, por ejemplo, con la lógica libre —dado el hecho de que se asumen existencias que no son objetivas—, con las lógicas paraconsistentes —dado que nos encontramos con inconsistencias que no son triviales—, con la lógica epistémica —dado que se trata generalmente del encuentro de mundos alternativos— y definitivamente con la lógica modal y multimodal —puesto que se trata siempre de posibilidades, necesidades e imposibilidades—.

Digámoslo de manera taxativa: desde el punto de vista de la lógica de la ficción, son muy pocas o ninguna las prohibiciones que se le pueden adscribir a la ficción; notablemente, prohibiciones lógicas —como el deber de respetar el principio de no contradicción o el de tercero excluido— o prohibiciones físicas —al fin y al cabo, según parece, es la física (clásica) la que les impone condiciones y restricciones a los sistemas vivos—.

---

[40] El mejor ejemplo es ese género (sociológicamente menor, a la fecha) que es la ficción cuántica. Me he ocupado de este tema, de forma puntual, en Maldonado (2019).

De manera significativa, la lógica de la ficción representa quizás el mayor desafío a cualquier lógica de la verdad, y manifiestamente a esa creencia de que el mundo y la realidad se agotan en términos de valores binarios, dualistas. No es ni suficiente ni necesario que el mundo –o por lo menos una parcela del mundo- sea verdadero. Notablemente, debe ser hermoso; o verosímil; o encantador; o atractivo, por ejemplo.

Ludwig Wittgenstein inicia su *Tractatus* con esa afirmación: el mundo es lo que viene al caso (*Die Welt is alles, was der Fall ist*). Pues bien, en la ficción —y más ampliamente en la literatura, por tanto— todo es del caso, todo viene al caso, todo acaece. Y así, volvemos al problema de base de este capítulo: es real todo lo que el cerebro cree es que real. Hay sueños que son más verdaderos que la realidad; y hay también temores o creencias que son más reales que la realidad. Y exactamente, en ese punto, la complejidad comienza.

Manifiestamente, los trabajos sobre lógica de la ficción sientan las bases de un problema. Pero hay que decir que hasta el momento tenemos tan solo la promesa de una lógica; lo que sí se puede anticipar es que se trata de una lógica no clásica. Pero es igualmente posible decir sin ambages que la idea no es jamás la de reducir la ficción a una lógica pre-establecida. Existen algunos referentes o hitos que pueden ser valiosos: la teoría literaria, la historia de la literatura, la sociología de la literatura, la crítica literaria y otros más.

Contra Aristóteles, pensamos sin categorías, esto es, sin importar las distinciones de géneros literarios. La vida es una combinación armoniosa e inteligente —cuando lo es— de lógica y ficción, de preocupaciones por la verdad y la importancia y el deleite de la verosimilitud del relato. Recabemos en esto: hay cosas que son reales sin que haya necesidad de que existan; con todo y que, efectivamente, hay cosas reales que además existen. Lo importante no son las fronteras entre la realidad y la imaginación, sino la forma como ambas se conjugan para construir un cuadro del mundo con belleza, con intensidad, con emociones o pasión, con fronteras móviles y permeables, en fin, con valores de verdad que aparecen

o se ocultan, que existen y se desvanecen, que no existían pero que aparecen, por ejemplo.

Lo importante no es plasmar la realidad, sino elaborar cuadros que hacen la vida más intensa y por consiguiente más valedera de vivirla. En otras palabras, nadie piensa con conceptos únicamente; pensamos, además, con símiles, metáforas, sinécdoques y otras figuras, todo lo cual tiene la función, más que de explicar el universo, de hacerlo comprensible. Al fin y al cabo, según parece, la vida vale la pena vivirla cuando hemos comprendido, por ejemplo, las razones de las decisiones tomadas y de las que no se llevaron a cabo; las acciones cumplidas tanto como las truncadas y las que jamás se llevaron a cabo en el mundo; las razones de que las flores broten en una temporada del año, como de que haya lluvias o sequías. Y todo sucede, a veces con razones, y a veces también sin razones precisas. Y sin embargo, contamos que las cosas son, fueron o pudieron haber sido. Y así inventamos el destino mismo del mundo, un mundo que de suyo carece de destino.

13 Teorías del mundo

Vivimos el mundo y la vida; a veces con complacencia, a veces con dolor. Y en muchas ocasiones sin que suceda sencillamente nada.

Si los seres humanos son racionales, su racionalidad consiste en un esfuerzo mancomunado por comprender las cosas y a veces también por explicarlas. La diferencia entre ambas consiste en la forma como atraviesan a la existencia misma y como la marcan, o no.

Sin muchas dificultades, sabemos que existen múltiples formas de explicación de la realidad, el mundo, la naturaleza o el universo, y que sin relativismo, no hay ninguna, y ciertamente no *a priori*, que sea más determinante sobre otras. Este es el meollo de la complejidad. Toda la historia de la ciencia, tanto como la historia de la filosofía están totalmente inmersas en este asunto; pero también la historia entera de la cultura y de las artes. Con una observación puntual: de manera atávica, y en términos generales, todos los grandes científicos están incluidos o mencionados en la historia de la filosofía, aunque lo contrario no sucede necesariamente. Ello apunta, más que al reconocimiento de la impronta de la ciencia, al carácter abierto e incluyente de la filosofía. Sin olvidar jamás que la distinción entre ciencia y filosofía no siempre existió; la división entre ambas es una historia reciente cuyo origen se encuentra en Descartes.

Desde el punto de vista de la lógica en general, una buena explicación consiste en una buena inferencia. Al fin y al cabo, el tema de la lógica puede decirse que es dúplice: consiste en el estudio de las implicaciones (es decir las inferencias) y en el problema de "verdad". Cuando una explicación es suficiente, o robusta, la lógica estudia entonces las construcciones elaboradas en términos o bien de una teoría de modelos, o bien en términos de una teoría de las demostraciones. De esta suerte, la lógica sirve para demostrar que alguien o algo dice "verdad" o "falsedad" o alguna otra de las variantes estudiadas en

este libro. Pero, como hemos visto, el universo de las inferencias es amplio y rico, y manifiestamente que no se agota o se reduce a la LFC en cualquier acepción de la palabra. Por el contrario, las LNC introducen y saben de otros tipos de inferencias.

Dicho en otras palabras, una buena implicación o inferencia debe poder dar lugar a un modelo —del mundo o de una parcela del mundo—. O bien, igualmente, debe poder demostrar que hay verdad o alguna otra variante en lo que se afirma. Verdad es, manifiestamente, un asunto mayor; pero lo cierto es que el mundo y la vida no se agotan en términos de "verdad".

Pues bien, es en este momento en el que, gracias a las LNC, es posible dar un paso más hacia adelante. El tema que emerge es el de la(s) metateoría(s). Este constituye, quizás, el último escalón de la lógica, y entonces, con ella, del pensar.

Es una característica al mismo tiempo lógica y cultural que el problema de "verdad" se resuelve en términos de una "teoría". En otras palabras, lo que sea verdadero es lo que la teoría establece que es. Digámoslo en términos académicos: un buen investigador debe poder aportar algo más que simplemente explicaciones o comprensiones acerca de las cosas. En una palabra, debe poder elaborar un modelo del mundo o del universo, con todo y el reconocimiento expreso de que el concepto de "modelo científico" o "modelo de explicación" no siempre existió en la historia de la filosofía o de la ciencia.

De esta forma, parafraseando a un filósofo contemporáneo, un buen pensador no simplemente acuña conceptos —a diferencia de quienes simplemente usan conceptos—. Además, un buen investigador debe poder aportar modelos, por lo menos de aquello de que se ocupa. También la filosofía ha aprendido recientemente a pensar en términos de modelos de explicación.

Una tipología de modelos de explicación incluye los siguientes tipos (Maldonado, 2017):

- Un modelo teórico o conceptual
- Un modelo matemático

- Un modelo lógico
- Un modelo informacional
- Un modelo computacional

Hoy por hoy, una buena comprensión o explicación —digamos, una buena investigación— debe por lo menos incluir dos estos tipos de modelos. Huelga mencionar que la tipología mencionada asume que las matemáticas y la lógica son dos cosas perfectamente distintas. (En el mismo sentido, sobra subrayar que, a su vez, las matemáticas y la estadística son diferentes). Asimismo, la distinción entre un modelo informacional y uno computacional se funda en el reconocimiento expreso de que, en el primer caso, se usa un determinado lenguaje de programación ya existente, mientras que en el segundo caso el modelo computacional hace referencia a la posibilidad de escribir código, y no ya simplemente hacer uso de un código ya preexistente.

Pues bien, existe una exigencia aun mayor y probablemente más difícil. Un buen investigador debe —por lo menos ideal o desideratívamente, por decirlo de manera amable y no constrictiva o normativa— poder desarrollar una teoría, una teoría del universo o de aquella parcela del universo de la cual se ocupa con suficiencia. Entramos así en el núcleo de este capítulo.

Este es un capítulo en lógica que tiene que ver con las meta-teorías y que, desde luego, no es ajeno a las LNC. La metateoría es un campo en el que, en rigor, se cruza la filosofía de la ciencia, la lógica, la epistemología y la metodología de la investigación científica, y que, sin embargo, habitualmente, no es expresamente considerada en los temas sobre investigación en sentido amplio.

Pues bien, gracias a las LNC podemos distinguir cinco clases de teorías, así:

- *Teoría consistente:* una teoría es inconsistente si y solamente si nunca contiene una par de teoremas, tales que uno sea la negación del otro.

- *Teoría inconsistente*: una teoría se dice que es inconsistente si y solamente si es inconsistente con respecto al functor monádico (de negación) de sus contenidos.
- *Teoría paraconsistente*: una teoría es paraconsistente si y solamente si no es superconsistente
- *Teoría superconsistente*: una teoría superconsistente es toda aquella que no es incompleta.
- *Teoría in o subdeterminada*: una teoría se dice que es in o subdeterminada (*underdetermined*) si en un extremo es cerrada —lo cual sucede notablemente en virtud de las teorías consistentes—, pero en el otro extremo es abierta. Más exactamente, cuando una teoría es empíricamente compatible, pero lógicamente incompatible con otra, se dice que es subdeterminada.

Las relaciones entre las teorías mencionadas se formalizan o sintetizan en la siguiente relación:

$$\{Ut\{Pt\{It\{Ct\}\}\}\}$$

Inversamente, podría escribirse la misma relación en los siguientes términos:

$$\{\{\{\{Ct\{It\{Pt\{Ut\}$$

Las dos formalizaciones son equivalentes; la diferencia simplemente radica en que si se lee de izquierda a derecha, o al revés.

Estas formalizaciones se leen de la siguiente manera: las teorías consistentes son cerradas en cuanto a su capacidad explicativa o comprensiva del mundo. Son, justamente, el epítome de la ciencia normal. Histórica, heurística, lógica y metodológicamente todas las teorías habidas hasta la fecha son teorías consistentes; esto es, se asume, por lo menos implícitamente, que son teorías concluyentes o conclusivas. Por derivación, son teorías cerradas en cuanto que

pretenden dar cuenta de manera completa de aquello de lo que se ocupan. Por consiguiente, el hecho de que los corchetes se cierren varias veces hace referencia a que estas son teorías cuya capacidad comprensiva o explicativa se ha agotado. Con ellas es posible *hacer* cosas, pero ya no se les puede hacer *decir* más cosas que las que ya dijeron.

Contiguas, se encuentran las teorías inconsistentes, cuya capacidad de explicación es mayor gracias a la posibilidad de que los modos de negación admitan mayor ductibilidad. Ahora bien, las teorías paraconsistentes son las de mayor amplitud —y por eso mismo, aunque suene contradictorio, las de mayor rigor y exactitud—, en comparación con las teorías consistentes e inconsistentes. Por su parte, una teoría subdeterminada se dice que es toda aquella que logra una explicación general de un fenómeno aun cuando desconozca los detalles.

Queda dicho: una teoría consistente es aquella con la cual se pueden *hacer* cosas, pero cuya capacidad comprensiva o explicativa ya está agotada. Esto es, aquello mismo que Thomas Kuhn denomina ciencia normal. Como recuerda en varias ocasiones, la ciencia normal se caracteriza por un hecho básico: funciona (*it works*). La inmensa mayoría de "teorías" y explicaciones en el mundo son en realidad teorías consistentes; esto es, notablemente, teorías analíticas, teorías sin contradicciones, teorías autorreferenciales. Como con acierto señalara Gödel, toda teoría que es consistente es incompleta; y, a su vez, toda teoría completa es inconsistente. Pues bien, esto es justamente lo que nos conduce hacia las teorías contiguas, que son las teorías inconsistentes.

Las teorías inconsistentes son epistemológica, sociológica, estadísticamente, por ejemplo, menos que las consistentes. Hay un buen número de ejemplos de teorías inconsistentes. Así, por ejemplo, el reconocimiento explícito de que la materia o la energía se comportan en ocasiones corpuscularmente y en otros momentos ondulatoriamente, en el marco de la física clásica (la mecánica clásica, notablemente) es contradictorio; y sin embargo funciona. Asimismo, de un

lado, el derecho positivo, sustentado acaso por el bloque constitucional en los países republicanos o democráticos conoce, al mismo tiempo, el derecho alternativo, o igualmente a los derechos humanos[41]. Un caso particular al respecto es que los derechos humanos pueden estar escritos pero no necesitan serlo, y que hay acuerdos, declaraciones, pactos y tratados que incluso aunque un Estado determinado no los firme son vinculantes de cara a la protección y promoción de los derechos humanos. El institucionalismo y el neo institucionalismo de todo tipo –y para el caso el jurídico- se escandalizan con este fenómeno. Contradictorio pero existente, robusto. Vale recordar de pasada que América Latina es un referente mundial en derecho alternativo y en derechos humanos.

En el plano económico, o en el de las comunicaciones, por ejemplo, es reconocido que, además de las políticas estatales y gubernamentales, en muchos lugares existen procesos y dinámicas económicas alternativas del tipo intercambios o trueques locales monedas, o comunidades auto-gestionarias, que tienen sus propios espacios y estructuras económicas diferentes a las establecidas, desde arriba, por los gobiernos. O bien, de la misma manera, es el hecho de que frente a los grandes medios de comunicación de masas, con todo y sus monopolios, existen medios alternativos de comunicación, que son altamente dinámicos e impactantes, no solamente a nivel local y regional, sino, gracias a internet, también a nivel nacional y mundial. No es retórica: vivimos una época en la que el conocimiento no es patrimonio exclusivo de nadie y, por el contrario, es un bien común.

De otra parte, asimismo, existen teorías paraconsistentes. Una teoría paraconsistente es sencillamente aquella en la que la inconsistencia explota (en mil pedazos) debido a que, si existe una contradicción, todo lo demás —en el más amplio pero fuerte sentido de la palabra— también está marcado por dicha contradicción. En otras palabras, se trata del reconocimiento explícito de que no toda

41. Se hace aquí necesario distinguir entre derechos humanos y derechos fundamentales.

contradicción implica (necesariamente) un absurdo. Ejemplos de teorías paraconsistentes se pueden ver en las acciones, afirmaciones y decisiones de casi todos los días, en el sentido de que los seres humanos tienen creencias equivocadas a veces. Sostienen cosas que no se sostienen con otros argumentos o por la fuerza de los hechos o los datos, o bien, igualmente, se equivocan. A fin de no caer en la incoherencia —digamos, *sensu lato*, en la "locura"—, se requiere de las lógicas paraconsistentes.

Por su parte, finalmente, la subdeterminación en una teoría científica acerca del mundo consiste en el reconocimiento explícito de que las evidencias disponibles en un momento determinado pueden ser insuficientes para poder establecer qué deberíamos o podríamos creer al respecto. En términos muy elementales, la subdeterminación se presenta cuando encontramos teorías —diferentes— que son empíricamente equivalentes. Es igualmente posible decir que una teoría subdeterminada es aquella en la cual se tienen en claro los rasgos generales de un tema o problema, pero se ignoran los aspectos particulares.

Como quiera que sea, en el núcleo de la discusión entre los diferentes tipos de teorías, se encuentra el cruce entre las LNC y la filosofía de la ciencia. Ningún trabajo serio acerca de una ciencia o disciplina, de un problema o campo, en fin, en torno a una preocupación de orden legítimamente epistemológico es posible hoy por hoy al margen tanto de la filosofía de la ciencia como de las LNC. Y tanto menos si ambas confluyen en varios puntos. Digámoslo *por mor* de argumentos pedagógicos: el tema de las metateorías es la forma como puede adoptarse hoy en día el tema de la filosofía de la lógica y, en este caso, de la filosofía de las LNC.

Como se aprecia sin dificultad, el panorama mismo de lo que es una teoría gana en grados de libertad y por tanto en complejidad[42].

---

[42] El concepto de "teoría" tal y como lo conocemos aparece por primera vez en *Teoria Terra Sacra*, también conocido como *Telluris Theoria Sacra*, de Th. Burnet, en 1680.

La lógica en general y las LNC en particular contribuyen, de un modo notable, a la complejidad del mundo, de la realidad y de la naturaleza.

Digámoslo de manera puntual y directa: gracias a las LNC no cabe la idea de una teoría del mundo, de la realidad o de la naturaleza. Una expresión –incluso semánticamente- es peligrosa por reduccionista. En física, el mejor ejemplo de algo semejante es la búsqueda de la gran teoría unificada (GTU). Y, *à la limite*, también en física, se trata del sueño de una/la teoría de todas las cosas (*theory-of-everything*, *ToE*). Recientemente se está llegando a la idea de que una pretensión semejante no es necesaria.

Mucho mejor, la formalización de las teorías anteriormente mencionadas pone en evidencia que, desde el punto de vista lógico, *son posibles varias teorías del mundo* –y no ya una sola-. Y la forma precisa de señalar a esta pluralidad de teorías del mundo son las cinco teorías mencionadas. El tema de "teoría" se obtiene por diversos caminos, así: desde la filosofía de la ciencia, la metodología e la investigación científica, la lógica en general, y un capítulo central en ellas, que es la meta teoría. Es así, como se hace buena ciencia, buena investigación; es así, cabe decirlo, como se desarrolla un buen pensar.

Pensar adquiere todo el sentido en el marco de tiempos turbulentos e inestables y de un mundo de complejidad creciente. Son esta clase de fenómenos, sistemas y comportamientos los que dan qué pensar. Hoy más que nunca, específicamente en el contexto de un mundo diferente de suma cero. A su manera, y con un cierto aire derrotista, decía al final de sus días Martin Heidegger: "Solo un Dios podrá salvarnos" (*Nur ein Gott kann uns retten*)[44]. El mismo Heidegger que, en la segunda etapa de su vida, dedica uno de los mejores seminarios y libros jamás logrados en la historia de la filosofía en general al tema del pensar. Pues bien, no obstante, desde su punto de vista, ni la acción, ni la compasión, ni la empatía, ni la ciencia o

[44] Cfr. M. Heidegger, entrevista a *Der Spiegel*, 31. Mai, 1976.

la tecnología, y ciertamente tampoco ni siquiera la filosofía pueden servir como llaves para una salida a la crisis en marcha del mundo.

Cada época desarrolla la ciencia que puede, o la filosofía que puede, o los relatos y la ficción que puede, pero también cada época desarrolla la ciencia, la filosofía o las artes que necesita. Pues bien, uno de los modos de modelos, teorías, ciencia o filosofía recientes son las ciencias de la complejidad. En el caso de la complejidad, una observación puntual se hace necesaria.

Los investigadores del Instituto Santa Fe (SFI) fueron quienes acuñaron, no sin buenas razones, la expresión de ciencias de la complejidad. E inmediatamente formularon lo que podría entenderse como un programa de investigación, a saber: la búsqueda de una teoría general de la complejidad. Como lo muestra ampliamente la bibliografía, se afirmó que en la base de la complejidad debería haber una teoría general de la complejidad dado que los sistemas complejos emergen a partir de las interacciones entre componentes o elementos más simples. La búsqueda de una teoría semejante marcó todo el destino y los trabajos del SFI durante mucho tiempo.

Ahora bien, lo que no se menciona nunca explícitamente es que los más prestigiosos o dominantes de los investigadores del SFI eran físicos (Philip Anderson, Murray Gell-Mann, y varios más). Pues bien, el programa propuesto consiste, en realidad, en un reduccionismo fisicalista en el marco de la complejidad. A los pocos años de creado el SFI se llevó a cabo un seminario que produjo un libro fundamental en la bibliografía de complejidad (Cowan *et al.*, 1994). Diez años más tarde este libro fue reimpreso.

La idea de *Complexity. Metaphors, Models, and Reality*, era justamente el trabajo y la puesta en común de la búsqueda, y cómo, de una teoría general de la complejidad. El resultado, sin embargo, nunca fue alcanzado, y al cabo de los años la voz del SFI en dicha dirección se fue reduciendo paulatinamente hasta quedar en mucho menos que un susurro. Quizás la última vez que, en dicho marco, se enunció el programa mencionado es tan solo en una frase de M. Mitchell (2009)

El resultado, en SFI y alrededor del mundo del fracaso del programa de la búsqueda de una teoría general de la complejidad, tuvo como resultado una verdadera eclosión de trabajos minimalistas por técnicos alrededor del mundo en torno a la complejidad. Pero hace falta, hasta la fecha, un marco filosófico o epistemológico —a *big picture*— que integre, cruce, atraviese, implique o como se quiera decir, a las ciencias, disciplinas, teorías, metodologías y enfoques constitutivos de las ciencias de la complejidad.

Pues bien, el trabajo sobre y a partir de las LNC pone de manifiesto que *son posibles diversas teorías sobre el mundo*, en general. Así, la idea, desde cualquier ámbito, ciencia, disciplina y demás que pretendan algo así como una ("la") teoría general, o transversal o unificada y demás, de la realidad, del mundo, de la naturaleza o de la sociedad, se revela en realidad como reduccionista. Lo sepa o no, tácita o explícitamente una creencia semejante es la hija putativa de la LFC. Una investigadora destacada (Cartwright, 2005) ha avanzado en otras palabras esta misma idea: hoy por hoy es posible y es necesario incluso una red de teorías (*theory-net*), no ya más "una" o "la" teoría, lo cual expresa el espíritu mismo de las teorías consistentes; las más clásicas pero cerradas de todas las teorías posibles, al cabo.

Ahora bien, el hecho de que sean posibles diversas teorías del mundo no quiere decir que cualquier teoría dé lo mismo. Análogamente a como no todas las cosas —es más, la inmensa mayoría de cosas no son complejas—, y como no todas las LNC sirven igual e indistintamente para todos los fenómenos, sistemas o comportamientos, asimismo, no cualquier teoría es igual o indiferentemente válida de cara a explicar o comprender la realidad y la naturaleza.

Todo depende, por ejemplo, del interés del investigador, del sistema con el que trabaja y de las dinámicas que estudia. Los sistemas complejos no son genérica e indistintamente complejos. El mérito de las LNC consiste justamente en poner de manifiesto que la complejidad misma admite matices, gradientes, modos, variantes.

Vivimos un mundo moteado, con vetas. Un mundo no plano y lineal, sino con playas, valles y montañas, abismos y cordilleras.

Un mundo semejante sabe de microclimas, de nichos, de biomas, de ambientes y de dimensiones igualmente plurales. "El mundo en general" es sencillamente una simplificación del lenguaje. Y como señalara con acierto Wittgenstein, podría suceder que el lenguaje se vaya de vacaciones, y por eso suceden desaciertos en la sociedad. Algún científico diría: anomia, o desorden, o crisis, o anomalías, y otros términos semejantes.

El mundo está hecho de perspectivas, intereses diversos, capas y diversidades cromáticas, sonoras y geológicas. La riqueza de la naturaleza y el mundo estriba precisamente en su pluralidad irreductible. Si bien existen stasis múltiples en muchos dominios, es verdad, también son las inflexiones las que marcan el sentido, el significado y los cambios determinantes de la realidad (Maldonado, 2015; Gould, 1999)

Ahora bien, es preciso resaltar explícitamente que el aspecto básico constitutivo de una "teoría" es la presencia (o referencia a) datos. Una "teoría" sin datos es sencillamente, en el mejor de los casos, un meta-relato, o ideología. Pues bien, es una característica fundamental del trabajo en complejidad y en ciencia de punta en el mundo de hoy el trabajo con grandes bases de datos (*big data*) y la incorporación de la ciencia de (grandes) datos (*data science*) y la analítica de estos. La ciencia de grandes de datos no es, para nada, algo que se asimile a (las ciencias de) la complejidad. De suyo, la ciencia de grandes datos no sabe nada de complejidad. Pero sí es la forma actual como lo mejor de la investigación y la ciencia se llevan a cabo. Hoy en día, se hace entonces referencia a lenguajes tales como Python o R, pero es seguro que en el fututo estas referencias variarán.

Digamos, *en passant*, que si bien la literatura y las artes no se interesan verdaderamente por una "teoría", el panorama de las LNC con respecto a las teorías permite fácilmente *descientifizar* las ciencias de la complejidad, y acercarlas enormemente a la literatura y las artes en general, puesto que las visiones y "explicaciones" de las artes en general se encuentran, manifiestamente, en la otra orilla de las teorías consistentes e inconsistentes de la ciencia.

Traslapando el espíritu —jamás la letra— de lo que implica y significa una teoría, podríamos decir acaso que también las artes en general y las humanidades buscan comprender y explicar el mundo, o las situaciones del mundo, o las relaciones entre los seres humanos o los sistemas vivos en el universo de formas que admiten contradicciones e inconsistencias, indeterminaciones e incertidumbres y, manifiestamente, moteados y vetas, por ejemplo,

La complejidad del mundo no se agota en los enunciados propios de las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2016), sino, además, deben admitir las contribuciones de las artes y las humanidades en general. Un tema que emerge inmediatamente desde este contexto es el de las relaciones entre complejidad y estética. Son prácticamente inexistentes los trabajos en este campo, en cualquier idioma. El ejercicio del pensar es también —y quizás ante todo— una relación estética. Con una salvedad: el pensar no es un asunto eminente y distintamente cognitivo e intelectivo, racional sino, en él, las emociones, los sentimientos, las pasiones y el cuerpo están fuertemente comprometidos también.

14 Pensar no algorítmico

Pensar es difícil, pues es un ejercicio de independencia que, por definición, se asume como una distancia con respecto a las costumbres y las normas sociales, a los dogmas y las doctrinas, para las cuales no hay que reflexionar para nada sino seguir las indicaciones, y actuar en consecuencia. De hecho, la inmensa mayoría de la vida de las gentes transcurre en piloto automático; esto es, sus acciones son llevadas sin ninguna necesidad de pensamiento.

La vida social, en el caso de los seres humanos, es ampliamente regida por costumbres, temores, reglas, normas, hábitos, automatismos. En el caso de las normas y demás, se trata de la interiorización de leyes que los individuos no cuestionan (ya) y que sencillamente facilitan la existencia. Obedecer es un asunto fácil. Y para acatar no se necesita de pensamiento.

Computacionalmente hablando, las normas, mandamientos, leyes, costumbres y hábitos se denominan algoritmos. Un algoritmo es la indicación de un procedimiento, generalmente con la finalidad de llevar a cabo una acción o resolver un problema. De manera atávica, la inmensa mayoría de los seres humanos viven en términos algorítmicos. En esto exactamente consisten la religión, la educación, la política, el derecho, la ética y, en suma, la vida cotidiana. Dicho de forma muy radical en esto consiste, de entrada, el mundo de la vida. Aquí se impone una importante observación.

En un sentido superficial, según la sociología planteada por Jürgen Habermas, el mundo de la vida es un punto de partida, en el cual, por ejemplo, tienen lugar actos comunicativos: locucionarios y performativos, entre otros. Habermas retoma el concepto de "mundo de la vida" de Edmund Husserl, pero lo trastoca por completo —y de pasada lo deforma—, adoptándolo como un punto de partida en la comprensión del mundo social.

La verdad es que Husserl *llega* al mundo de la vida, por ejemplo, en su texto *La crisis de las ciencias europeas…*, gracias a la *epogé* o las reducciones fenomenológicas. En Husserl el mundo de la vida es el resultado de una transformación de la actitud natural mediante la cual los seres humanos son capaces de dejar atrás el individualismo y de llegar a la intersubjetividad. Así, el mundo de la vida es una ganancia, una adquisición como resultado de un ejercicio de reflexión que, en el caso de Husserl, pasa por las diferentes *epogés* o reducciones (puestas entre paréntesis o abstenciones del juicio). Digamos, pasa por la crítica de todo lo que caracteriza a la actitud natural: su mundo de valores, sus atavismos, su ciencia y sus relaciones. Dicho en el lenguaje de Hegel o de Marx, así, el mundo de la vida es un mundo de liberación y que ya está enajenado. Pues bien, en este mundo de la vida, pensar es un acto de autonomía, de independencia y de libertad.

Desde la infancia y durante toda la vida, los seres humanos son disciplinados (es decir adiestrados, como los animales) en términos de algoritmos. De tanto en tanto se les repite, o se les refuerza, o se les renueva la serie de algoritmos que, se dice, guían la vida los seres humanos. Los algoritmos son inversamente proporcionales a la capacidad de libertad y de iniciativa de los seres humanos. Por consiguiente, algoritmos y libertad son mutuamente excluyentes. La luz que emerge aquí es la de la disidencia, la desobediencia, la insumisión — a la manera de Siddartha Gautama o de Jesús de Nazareth, o de Gandhi, o de Patricio Lumumba, y de muchos otros alrededor del mundo y a lo largo de la historia—.

Los seres vivos viven gracias a una negación de la física. En el lenguaje de la Erwin Schrödinger, los sistemas vivos son neguentrópicos. La negación de la física se traduce computacionalmente como que los sistemas vivos son no algorítmicos. Vivir significa negar la física clásica (es decir la mecánica clásica, la cual introduce en el mundo leyes y demás) y, computacionalmente dicho, vivir y pensar en términos no algorítmicos.

Desde el punto de vista lógico, las normas no son, y no pueden ser, verdaderas ni falsas, y por tanto no constituyen proposiciones (Palau, 2002). Este reconocimiento es el más fuerte contra la lógica deóntica; esto es, justamente, la lógica de algoritmos.

La sorpresa surge cuando reconocemos que la historia entera de la humanidad se ha hecho posible (*sic*) (es decir hasta la fecha) con base en sistemas normativos: la ética, el derecho, la religión, la política, la educación y todos los sistemas punitivos (Foucault) son exactamente sistemas normativos. Esos sistemas siempre son y han sido panópticos. Les dicen a las gentes qué hacer, qué pensar, qué decir y demás; e implican el control —total—. La historia, según parece, no ha sido enteramente racional o lógica, algo que hoy no sorprende a muchos. Por el contrario, la historia ha sido un amplio y extendido mecanismo de normalización y normativización. Visto hacia adelante, la historia es la liberación de mecanismos de normalización estandarizados. En otras palabras, hacia adelante, por así decirlo, vivir consiste en liberarse de las normas, las prescripciones, las constricciones y las restricciones. La historia es un proceso de ganancia de libertad, en cada caso.

Los sistemas vivos no son máquinas en ninguna acepción de la palabra. Consiguientemente, no procesan información a la manera de números y funciones. Los sistemas vivos en general, y los seres humanos en particular, viven en cuanto que piensan de manera perfectamente distinta a una máquina de Turing.

Existe aquí una dúplice tensión. De un lado, los sistemas vivos en general no siguen normas y leyes, o las modifican en su beneficio o se adaptan a ellas modificándolas a su vez, pero, al mismo tiempo, los sistemas vivos existen y evolucionan gracias al desarrollo de numerosos sistemas de cooperación. Pues bien, la cooperación es una forma de pensamiento no algorítmico. Aprender y cooperar es la forma acaso más excelsa de pensamiento no monotónico, y la no monotonicidad plasma exactamente la capacidad de independencia con respecto a mecanismo ya establecidos, normas preestablecidas, en fin, leyes de cualquier tipo previamente adoptadas o impuestas.

La vida, la existencia, puede ser vista como una lucha de liberación incesante contra mecanismos —externos, por definición— de tipo coercitivo. Esto no quiere decir, en absoluto, que unos algoritmos son desechos y criticados en nombre de otros, acaso más recientes o novedosos y así sucesiva e incesantemente, sino, de manera más fuerte, que la historia de la humanidad puede ser vista como el proceso mediante el cual los seres humanos se van liberando de temores. Al fin y al cabo, un algoritmo es, psicológicamente hablando, un mecanismo para resolver problemas que atemorizan a los seres humanos.

Los seres temerosos y timoratos sobreviven acatando reglas y siguiendo disposiciones. Solo que esta es una vida de muy poca dignidad. Este tipo de vida ha sido tradicionalmente designada como animal (*zoe*). Una vida digna (*bios*) es aquella que decide tomar el destino en sus propias manos. Y entonces, claro, piensa y actúa consecuentemente[44] .

El pensar ha sido, según la mejor sabiduría de la humanidad, asimilado a un proceso de liberación, de emancipación. Pero no en el sentido de que pensar sea una condición para cualquier proceso de liberación, sino que cualquier emancipación pasa por procesos de cuestionamientos, distanciación, re formulaciones y re significaciones radicales y estructurales. Pensar es un componente de emancipación, pero sería muy pretencioso y reduccionista pretender que es la *conditio sine qua non* una liberación.

Por consiguiente, no es necesario que quien piense sea libre necesariamente, pero sí es cierto que quien es libre piensa —por sí mismo—. Posee sus propios criterios, tiene un pivote propio, relativiza el mundo social y normativo alrededor suyo, tiene iniciativa, sabe a qué temerle y a qué no, y ha podido recuperar una cierta capacidad de inocencia.

En efecto, si los algoritmos hacen de las gentes sistemas mecánicos, por ese mismo camino, emocionalmente hablando, se trata

---

[44] La distinción entre *bios* y *zoé* se remonta a Aristóteles en su libro *De Anima.*

de agentes maduros, adultos. El adulto es un agente normativizado y normalizado. El niño, o la niña, se caracteriza ante todo por la espontaneidad y la alegría, por una constante alegría de vivir, un placer no reflexivo de la vida (*joie de vivre*). La felicidad, según parece, es la felicidad de las cosas pequeñas, y quien no sabe ser feliz con las pequeñas cosas, no sabe ser feliz del todo. Ello, naturalmente, no implica querer y buscar y vivir en función de las cosas grandes.

Nadie que siga normas, leyes, prescripciones o mandamientos y que rija su vida por ellos sabe del placer de vivir; hay quienes nacen, "viven" y mueren, y jamás supieron de libertad ni de alegría verdadera. Perdieron la niñez muy pronto, y jamás fueron capaces de recuperarla. Al fin y al cabo, según parece, hay que haber vivido mucho para volver a recuperar la inocencia.

Pensar equivale exactamente a jugar, jugar sin reglas, imaginar, vivir el instante absolutamente, ignorar el tiempo y los entornos, y disfrutar cada instante como la eternidad misma. En contraste, la inmensa mayoría de las gentes calculan, planean, programan, valoran, elaboran tácticas y estrategias, y demás —simple y llanamente porque han sido formados de acuerdo a estas reglas—. El adulto en general sabe de la gravedad de la vida y piensa más en la consecuencia de las acciones que en la libertad de actuar. Pero por regla general actúa, y solo sabe de las consecuencias de las acciones después, cuando le sobrevienen.

Pensar no es un acto voluntario, pero sí es cierto que la voluntad incide en la capacidad de autonomía de los seres humanos. Y así, la voluntad ocurre al mismo tiempo que los procesos de reflexión, crítica y emancipación. Por voluntad aquí se entiende sencillamente una disposición que cambia un curso de acción o de vida en otro.

Los seres humanos son capaces, individual y socialmente, de adoptar otros destinos; digamos otras formas de vida. No están necesariamente atados a su pasado, y ni siquiera a su presente. La vida se alimenta de sueños, ilusiones, esperanzas, imaginaciones y fantasías. Con todo y que la vida no puede ser enteramente vivida en la fantasía.

Pensar es imposible sin actos de imaginación, pero el polo a tierra de la imaginación consiste en la capacidad de ver los hechos —digámoslo en términos fuertes: los datos—. Nadie que no atienda a los datos piensa verdaderamente. Está abandonado a sus creencias y deseos, un auténtico delirio.

Políticamente hablando, los regímenes violentos siempre se fundan en la ausencia de datos, y en su tergiversación. La buena imaginación requiere, por consiguiente, de mucha y muy buena información. Pero esto apunta directamente a la posibilidad misma de que nueva información pueda invalidar información previamente adquirida. Es exactamente en este sentido que, se dice, el ejercicio del pensar coincide exactamente con un ejercicio de autonomía y aprendizaje.

Hasta el día de hoy, digamos, la vida se hizo posible, para los seres humanos, siguiendo algoritmos de distinto tipo. Pero nada garantiza que hacia futuro, en el marco de un mundo diferente de suma cero, el seguimiento y acatamiento de algoritmos pueda ser garantía de vida. Con muy alta probabilidad, es todo lo contrario. La traducción de esta idea consiste en las innumerables guerras religiosas, los numerosos conflictos ideológicos, el sinnúmero de desacuerdos políticos, la sobreimposición y sobrevaloración de intereses, unos sobre otros, unos contra otros, en fin, los incontables conflictos de sistemas normativos de toda índole.

Sin ambages, la historia acontecida ha sido la historia de construcciones de toda índole, todo lo cual se ha traducido y ha sentado todas las bases para la logofobia: el temor a que las gentes piensen por sí mismas. Los sistemas sociales han sido sistemas de temor, antes que de liberación, y lo que ha servido como el cemento de la sociedad ha sido el miedo y el terror. Esa historia puede cambiar. Y el cambio consiste exactamente en la posibilidad de un pensar no algorítmico.

Las LNC consisten en el rechazo de cualquier canónica del pensar o el conocer. El panorama amplio de las LNC no significa que todas y cada una de las LNC sean necesarias en cada momento. Por el

contrario, significa que existe en cada instante un abanico de alternativas y posibilidades, y que cada quien puede adoptar por alguna de las LNC, o por el tránsito de una a otra, según el caso. De cualquier manera, es evidente que las LNC son, en el paisaje que ofrecen, lógicas no algorítmicas, sistemas no concluyentes y conclusivos de pensamiento, en fin, sistemas abiertos de pensamiento y acción.

La LFC es algorítmica; en esto consiste su edifico como sistema bivalente, en eso estriba su arquitectura como sistema de una verdad (única). Dicho ontológicamente, mientras que la LFC —y todo lo que ella representa— constituye la afirmación de una única realidad —*la* realidad—, las LNC pueden ser vistas como el reconocimiento de por lo menos una de dos cosas: o bien que existen diversas realidades, o bien que son posibles diferentes niveles o dimensiones de (la) realidad. Una idea perfectamente heterodoxa o revolucionaria cuando se la mira con los ojos del pasado.

Una observación final: pensar no algorítmicamente significa exactamente pensar sin categorías, una idea que resulta muy difícil a la luz de la tradición.

Fue Aristóteles el primero que hizo creer a la humanidad que pensamos con categorías. De allí en adelante, incluso hasta Kant, se extendió la idea de que el buen pensamiento funciona con categorías y categoriza. Pues bien, las categorías son encasillamientos del pensamiento, del mundo y de la vida. Quien ve categorías no ve las cosas mismas, sino solo, justamente, las categorías —ya heredades, ya aprendidas, ya desarrolladas—.

Categorizar significa, literalmente, etiquetar, clasificar, encasillar[45]. Las categorías terminan siendo a-históricas y no saben nada de cambios, dinámicas, evolución. Las categorías fijan la realidad y terminan impidiendo ver nuevos fenómenos; sin la menor duda, las categorías son una forma de algoritmos, altamente condensados.

---

45 En inglés existen igualmente los términos *tagging* y *pigeon-holing*.

15 El azar y la contingencia

Uno de los retos más grandes en la tarea de pensar consiste en pensar el azar, la aleatoriedad, las contingencias, pues venimos de una muy larga tradición determinista y, por tanto, reduccionista. Los seres humanos hemos sido acostumbrados a la idea de que todas las cosas se rigen por la necesidad, que todo posee una razón o una causa —aquí, para todos los efectos, ambos términos son equivalentes—, y que no hay nada que no admita o requiera de una explicación.

Manifiestamente, la inmensa mayoría de cosas posee causas o razones. Pero, en muchas ocasiones hay cosas que suceden sin ninguna razón o sin una razón mejor que otra. Como bien señaló Martin Heidegger, la flor existe sin ninguna razón; no *por mor* de la belleza, tampoco por virtud de la evolución; ni siquiera en respuesta a factores medioambientales. Las flores existen, es lo que importa. Y muchas veces, la mayoría de las veces, existen, y son hermosas.

Existen actos gratuitos, y así mismo, existen fenómenos gratuitos en el mundo y en el universo. Esa gratuidad abre de par en par las puertas al que, sin duda, es el problema más difícil desde el punto de vista cognitivo, psicológico o emocional.

Pensar el azar es todo lo contrario a verlo y disminuir entonces los umbrales de su acción y explicación. Tal es el caso con herramientas como, por ejemplo, la prospectiva, la planeación estratégica, el estudio de riesgos o las constantes de Lyapunov, la estadística y las probabilidades. La dificultad para ver el azar es exactamente la misma dificultad para ver sistemas complejos: hay que tener una estructura de mente abierta —tanto más cuanto que los sistemas complejos son sistemas abiertos—.

Uno de los complejólogos más recientes, Nassim Taleb ha acuñado la expresión de "cisnes negros", esto es, eventos altamente

improbables, para designar a los sistemas complejos y, de consuno, a hechos aleatorios.

Un cisne negro es sencillamente la expresión que condensa el esfuerzo por pensar lo impensado, ver lo que nadie ha visto, descubrir lo que nadie ha descubierto e, incluso, inventar lo que nadie ha inventado. Es evidente que los cisnes negros no existen: precisamente por ello la buena investigación, el buen pensar se concentra en la búsqueda de cisnes negros, porque, por lo demás, nadie más lo hace. La inmensa mayoría de las gentes solo ven cisnes blancos y solo buscan cisnes blancos porque son lo único que existe.

El azar fue descubierto originariamente en contextos de juegos[46] y casi inmediatamente nace la teoría de probabilidades en sus diferentes versiones (bayesiana, de frecuencias, de propensión) (Smolin, 2019). De esta suerte, el azar es descubierto, pero enseguida intenta ser domado. La historia del azar ha sido, esencialmente, salvo dos contadas excepciones, la historia de la domesticación del azar.

Esta domesticación es el resultado del (hiper)racionalismo occidental y, consiguientemente, del determinismo. Históricamente hablando el (hiper)racionalismo coincide con el tránsito de la Grecia arcaica a la Grecia clásica, y el subsiguiente desplazamiento del *nous* por parte del *logos*. Racionalización y predicación, racionalización y verbalización necesaria en términos proposicionales son una sola y misma cosa. Por su parte, concomitantemente, el determinismo es, en este caso, la creencia de que todas las cosas ocurren de acuerdo con la necesidad. La necesidad se dice en este caso en griego como las cosas que son por sí mismas —*kata autos*—, en contraposición a las que lo son de manera fortuita o incidental y que en griego se decía *kata symbebekós*.

De esta suerte, toda la racionalidad occidental se dará a la tarea de conocer las cosas del mundo y la naturaleza que son en

---

[46] Juegos de azar proviene originariamente de "*azahar*", que en árabe significa "dados".

correspondencia con lo que son por sí mismas, pero este consiste exactamente en las leyes o principios de la LFC. En efecto, originariamente el ser de las cosas no posee, en absoluto, criterios de tipo de verificación, confirmación u otros semejantes; como queda dicho en la primera parte de este libro, notablemente, criterios de correspondencia o acuerdo con la realidad. Por el contrario, el ser de las cosas se corresponde con los principios o criterios del pensamiento; con lo que se dice en el lenguaje; con lo que se corresponde con las categorías, los principios, los axiomas, las definiciones y demás.

Y de manera concluyente, el pensar, en esta tradición, no sabe de contingencias o aleatoriedad. La LFC proscribe absolutamente al azar.

La necesidad del azar —un oxímoron— proviene de dos fuentes: de un lado, de la física cuántica; de otro lado, del *corpus* mismo de las LNC. Aquí se hace imperativa, una vez más, la referencia a la lógica libre: esto es, la lógica libre de cualquier presupuesto existencial, incluso el vacío. El azar ocurre sin necesidad de razones o, lo que es equivalente, sin afirmar (necesariamente) alguna cosa. El azar es gratuidad —gratuidad pura y total—. Y si la lógica libre no está a la mano, entonces cabe muy bien, adicionalmente, la lógica de la ficción.

Si todas las acciones tienen consecuencias, estas, sin embargo, solo pueden ser conocidas *ex post* y, muy pocas veces, *ex ante*. Lo que tenemos habitualmente entonces es una predicción retrospectiva, y esto es un pensamiento bastante ingenuo, si no ignorante. Retrospectivamente casi todas las cosas pueden ser predichas. De esta forma, el azar prácticamente nunca tiene cabida. La traducción popular de la idea mencionada es el karma.

El reconocimiento del azar no significa, en absoluto, una claudicación por parte del pensar o del conocimiento. Más exactamente, el azar no tiene lugar siempre y en todos los casos, solamente en ocasiones y en algunos lugares. Las cosas aleatorias son generalmente aquellas que o bien pasan desapercibidas o bien generan asombro y perplejidad. El azar se encuentra en la génesis del asombro, pero

ello no implica necesariamente que se encuentre también al final del asombro, pues muchas veces tienen lugar las explicaciones y las comprensiones.

Pensar el azar implica una estructura mental perfectamente distinta a pensar cosas necesarias o incluso probables. Esto tiene una consecuencia fundamental. El pensar nunca ocurre de una sola y misma manera. Pensar exige ver y reconocer cada cosa, cada momento, cada contexto, cada suceso como singular y propio, y de entrada evitar generalizaciones de cualquier tipo, y manifiestamente, generalizaciones rápidas. Pues bien, la aleatoriedad es aquella instancia que de entrada o de salida siempre previene contra cualquier tipo de generalizaciones. El azar es siempre singular y único. Es siempre y de manera propia el azar y los sucesos contingentes los que dan qué pensar, los que se encuentran en la génesis del pensar. Antes o mientras tanto, lo que acontece es generalmente el conocer.

Las cosas que suceden de manera contingente son irrepetibles, perfectamente singulares. No hay dos azares iguales, cada uno es perfectamente diferente al otro. En ocasiones más de un azar confluye con otros, para bien o para mal. Y entonces se producen inflexiones maravillosas en el conocimiento o en la vida o el mundo. Debemos estar siempre preparados para la aleatoriedad, y ello consiste simple y llanamente en estar abiertos a la ausencia de causalidad.

Es la causalidad la que se halla en la base de la creencia en un universo continuo. Por el contrario, el azar implica ruptura, discontinuidad, auténtica discreción —en el mundo, en la vida, en el universo—. Si los fenómenos complejos son esencialmente discretos, el azar sienta las bases de las matemáticas de sistemas discretos y, si cabe, de una epistemología discreta; esto es, una epistemología de ausencia de continuidades.

Pensar el azar tiene la dificultad de que este carece de causalidad, pero, particularmente, de que es singular. Así, se trata de ver muy bien toda aquella clase que son repetibles, que poseen patrones, que son regulares para entonces dirigir, por así decirlo, la mirada en la

dirección contraria: los sucesos aleatorios carecen de regularidad, incluso de patrones de cualquier tipo. Son, literalmente, cisnes negros: altamente improbables, y cuanto más improbables, son más raros.

Desde este punto de vista, las contingencias pueden ser reconocidas como la génesis misma del pensar en su sentido más fuerte y preciso. Los sucesos altamente improbables son generadores de pensamiento —todo lo demás, en el mejor de los casos, insta a conocer, lo cual es importante—, pero al cabo resulta insuficientes.

Una expresión vaga pero útil en el este contexto es que las cosas que nos invitan a conocer son de alguna manera un *déjà vu*. En contraste, lo que sienta las condiciones para el pensar, pero es al mismo tiempo, si cabe, el contenido mismo del pensar, es lo que jamás hemos visto —hasta ese momento—, que son las cosas más importantes y grandes de la vida misma.

Conclusi

El cerebro surgió y durante mucho tiempo tuvo una enorme carga biológica. Sin embargo, con el trascurrir de la historia, la carga cultural ha incidido en su anatomía, su fisiología y su termodinámica. Este proceso se ha acelerado enormemente en las últimas décadas. El proceso de transformación ha cobrado proporciones hiperbólicas, mucho más que exponenciales. Pues bien, las LNC forman parte de ese conjunto amplio y vago que es la cultura, el proceso civilizatorio.

Ciertamente, las gentes no piensan en acuerdo con las LNC. La gente en general piensa cuando puede y como puede. Y usualmente en acuerdo con las leyes —¡físicas!— que la cultura ha impuesto de diversas maneras. No obstante, el estudio de las LNC —un capítulo nuevo en la historia del conocimiento en general, la filosofía, las ciencias cognitivas, la psicología y las neurociencias en particular, entre otras— pone de manifiesto que es posible cambiar las formas del pensar. Y con ellas, el funcionamiento y la estructura misma del cerebro; y con él, parcialmente, entonces, también, la estructura y el orden del mundo mismo.

Para quien piensa, en ocasiones la realidad no es suficiente. Pero siempre el polo a tierra con la realidad es el cuerpo, no necesariamente la mente. Y el cuerpo nos remite inmediatamente a los más próximos, nuestro entorno familiar y social además de nuestras amistades. El cuerpo, como ninguna otra instancia de nuestra existencia, sabe verdaderamente del mundo de la vida y la cotidianeidad. Sin embargo, esto no implica en absoluto un dualismo. Por el contrario, se trata del hecho de que la mente piensa a través del cuerpo aunque supere en ocasiones al propio cuerpo.

Pensar no es fácil, pero la vida nos conduce a ello, en ocasiones. Hay, sin embargo, a quienes, por distintos motivos, la vida no los condujo jamás a pensar. Ahora bien, desde luego existen espacios académicos para aprender lógica en general, pero no es necesariamente cierto que esos mismos espacios enseñen a pensar. Pensar es una sola y misma cosa con el proceso de experienciar el mundo y la naturaleza, con vivir —con todo y sus avatares, colinas y valles, abismos y montañas—.

Hay momentos en los que surge la disyuntiva si seguir un deber o una obligación cualquiera, o bien pensar, dudar y cuestionar. Las LNC no tienen ninguna duda al respecto, y contribuyen así a que el mundo y la vida sean mejores, menos tensionantes, menos estresantes. Podemos pensar, y pensar instaura espacios, tiempos, realidades nuevas cuando se hace de un modo auténtico y radical.

Nadie piensa bien de espaldas a la lógica. Las LNC han surgido para hacer el proceso del pensar más próximo, más amable, más personal si se quiere, y ciertamente menos normativo y externo. Dicho de manera puntual, existe un amplio distanciamiento entre la LFC y la vida; en contraste, las LNC se aproximan, como jamás antes en la historia de la civilización occidental, a la vida misma. Son lógicas que saben de vacíos, polivalencias, tiempo, difusividad, de polivalencia, de cambios, y, en fin, subjetividad incluso; en ocasiones de experiencias que no se corresponden con el mundo empírico. En la educación en general, pero también en la vida de la sociedad civil, en el sector público o en el sector privado existe, a la fecha, un rezago grande con respecto al estudio de la lógica, y manifiestamente con respecto a las LNC.

Pensar necesita, desde múltiples fuentes y con tonos variados, elementos que lo nutran, y estos elementos pueden ser amables, pues con seguridad uno de los primeros y más radicales es precisamente la libertad de pensamiento. Y, con esta, la libertad de creencia, y a su vez la libertad de expresión. Entonces, subsiguientemente, la libertad de acción. Pensamos mucho mejor con condiciones amables para la existencia, acompañados de tranquilidad y serenidad; la alegría es mucho más determinante que el estrés, las preocupaciones galopantes y la violencia en cualquiera de sus formas.

Para pensar se requiere el diálogo y, en numerosas ocasiones, la conversación[47], pero muchas veces nuestros verdaderos interlo-

[47] El diálogo sucede siempre entre dos partes; la conversación, como en el caso del *ágape*, tiene lugar entre más de tres participantes, simultáneamente, con cruces, con superposición de capas, y demás.

cutores no son exactamente los que nos circundan, día a día. Pensar lógicamente no es un pleonasmo, sino una de las expresiones más importantes y singulares que nos hacen exactamente eso que podemos llegar a ser: más humanos, y más que humanos, mejores seres vivos —en convivio con plantas, aguas y animales—.

Al fin y al cabo, no hay valor, idea o experiencia más sublime que la de la de vida misma. Y es en nombre de la vida como nos damos a la tarea del pensar. La vida, la naturaleza, el universo. Entonces, al estudio y divertimento de la lógica en general. Solo que en el mundo actual ya no pensamos exactamente como en el pasado, en cualquier época que se quiera. Hoy debemos pensar con las mejores herramientas y conocimientos disponibles. Los que tenemos a mano y los que estamos desarrollando. Es ahí justamente donde entran las LNC, y se despliegan y desarrollan.

Digámoslo para terminar: las LNC constituyen buena ciencia, filosofía y artes que comportan pluralidad y diversidad; multiplicidad de lenguajes, creencias, pensamientos, formas y estilos de vida. El fundamento mismo de la vida en general es la diversidad: diversidad genética, biológica y cultural. Las LNC se corresponden, plano por plano, con esta idea que se enraíza en la biología, en la ecología, en la sociología, en la antropología, en las matemáticas o en la filosofía.

En otras palabras, las LNC facultan de manera eximia para un buen pensar, pero el conocimiento, conocer en mapas (*big picture*) o en detalles y tecnicalidades de estas, tan solo permite acercarse al conocedor o al erudito. El sabio conoce muchas cosas, pero además sabe. Las LNC constituyen unos de los acercamientos más idóneos a la sabiduría.

Amar, como pensar, no admite el modo imperativo. El amor no sabe del tiempo, al igual que el arte, que es intemporal. Y al pensar le sucede lo mismo. A quien piensa —como a quien ama—, el tiempo no le importa, porque tiene todo el tiempo del mundo. Y paradójicamente, todo el tiempo del mundo es el disfrute del instante mismo. Ese tiempo que no sabe de tiempo, que es el tiempo del pensar. Ese tiempo que es, en realidad, el origen de ese tiempo que las

gentes llaman el tiempo real, que no es simple y llanamente otra cosa que el tiempo cronológico. ¡Como si el universo y la vida tuvieran un solo tiempo, o tuvieran un tiempo que fuera más importante que los demás!

A lo largo de la historia, ha habido (numerosos) científicos que han sido partidarios de sistemas verticales, violentos, excluyentes. Asimismo, numerosos filósofos han tenido relaciones de connivencia, por acción o por omisión, con sistemas asimismo violentos, dictatoriales o autoritarios. En contraste, no hubo en la historia de la humanidad ni un solo lógico que haya sido abiertamente partidario de sistemas semejantes. Todo lo contrario. Un argumento escéptico acerca de esta tesis es que quizás esto se deba a la juventud de la lógica, y que si le damos el tiempo suficiente, hay los que apoyen a déspotas y tiranos.

La más importante de las condiciones para que la vida se haga posible consiste en conocer bien el entorno, comprender y explicar el medio ambiente en general y las relaciones que los sistema vivos —cada sistema vivo— tiene con su *Umwel*t. Ahora bien, pensar la vida consiste exactamente en pensar la pluralidad, la diversidad y la multiplicidad irreductible de los sistemas vivos. No existe, por tanto, una única manera de definir los sistemas vivos ni establecer los modos en que comportan ante la realidad. Carecemos de una teoría general de los sistemas vivos. Y sin embargo, sí es posible con exactitud decir que los sistemas vivos no son algorítmicos.

La forma como la mente en general responde al entorno consiste en crear otros mundos y posibilidades que las que había previamente. Las LNC nos permiten ver y estudiar un abanico, un conjunto amplio y en desarrollo como los sistemas sociales se hacen posibles. Sencillamente, a la pluralidad que es la vida le corresponde una pluralidad lógica, algo que no se había sostenido nunca antes en la historia de la humanidad.

Queda establecido: las lógicas no clásicas (LNC) forman parte de las ciencias de la complejidad. Sin embargo, el objeto de este texto no consiste ni en demostrar ni en cuestionar esta afirmación. La

doy aquí, provisoriamente, como un hecho. Sin embargo, de un lado, ni la comunidad de complejólogos ni, de otra parte, la comunidad de lógicos, se han percatado de las relaciones entre LNC y complejidad.

Quisiera decirlo incluso con el mejor talante: la comunidad de complejólogos no ha hecho del motivo, el problema, los modos mismos del pensar un tema de trabajo explícito. Se trata, en el mejor de los casos, de algo que va de suyo. La buena ciencia y la buena filosofía, por ejemplo, no son posibles dando por sentado lo que es el pensar mismo (o el conocer). Se requiere, si cabe la expresión, de una reflexión de segundo orden acerca del conocer y el pensar. En filosofía, no se ha avanzado al respecto mucho desde Heidegger, y en ciencia existen algunos avances, desperdigados y en desorden, particularmente provenientes de la filosofía de la ciencia.

¿Qué vamos a entender por ciencias de la complejidad? No existe una sola definición de complejidad (Horgan, 1995). Quiero sostener aquí que las ciencias de la complejidad se encargan esencialmente de fenómenos, sistemas o comportamientos impredecibles, con cambios súbitos e irreversibles.

Este libro tiene un tejido en trenza. Uno de los ejes es la referencia a la que quizás es la base biológica del pensar: el cerebro. Otro eje está definido por las conexiones entre las LNC y las ciencias de la complejidad. Y el tercer eje es el de las relaciones entre las LNC y los sistemas sociales. Estos ejes, sin embargo, no aparecen en primer plano. Lo que resalta a la vista inmediatamente es el pensar y, claro, la impronta de las LNC en el oficio de pensar. Básicamente he querido mostrar qué es pensar y cómo las LNC son más que propicias para este. Pero el tema de base, siempre, es el estudio, el conocimiento, la exaltación, el cuidado, la dignificación el posibilitamiento de la vida. No hay tema más importante, urgente o necesario para pensar que la vida; esto es, cuál es su origen cuáles son sus posibilidades, cómo se hace posible, en fin, qué significa en la economía del universo, por ejemplo. Y siempre, qué puede ser de ella.

La historia de occidente se funda —queremos incluso decir con el mayor optimismo: se fundó— en un dúplice fundamento: de un lado, en el primado de la lógica formal clásica, cuyos fundamentos sienta Aristóteles en sus *Analíticos primeros* y *Analíticos segundos*. Y, de otra parte, al mismo tiempo, ya desde el proemio del poema de Parménides, Occidente se funda en la identidad, la coincidencia o la doble implicación entre lógica y ontología. Ser y pensar son una sola y misma cosa. Es más, el no ser no es, y si se pudiera pensar el no ser, no se lo podría decir (Gorgias). Estamos obligados a decir, por ejemplo, que esto que tenemos adelante es una mesa, porque es una mesa; o bien, inversamente, estamos obligados a pensar y a decir que es una mesa precisamente porque es una mesa. Y el no ser de la mesa sería tanto como decir "vaca", "zapato" o "helecho", por ejemplo.

Manifiestamente, el libro más importante de Aristóteles, contra lo que se ha enseñado desde siempre, no es la *Metafísica* —un libro cuyo título se debe a alguien más: Andrónico de Rodas—. Tampoco es la *Ética a Nicómaco* (Nicómaco, el hijo de Aristóteles; un libro que es, como toda la ética, esencialmente reglas de vida, consejos prácticos, o simple y llanamente como decimos hoy en día un libro de autoayuda). Ni siquiera el libro más importante de Aristóteles es la *Política* (*Politeia*, en griego, el mismo título que La República de Platón).

Antes bien, el libro más importante de Aristóteles son los *Analíticos*, que se componen de dos volúmenes: los *Primeros analíticos* y los *Segundos analíticos* (traducidos en ocasiones también como "Analíticos anteriores" y "Analíticos posteriores"). De lejos es la obra más voluminosa, y la que sienta todas las bases para ese estilo particular de pensamiento en Occidente que es esencialmente analítico; esto es, de división, fragmentación, descomposición, segmentación.

En esta misma dirección, ser occidentales significa creer en la identidad; así, por ejemplo, identidad nacional, cultural y sexual. La idea de identidad es la más fuerte y sólida de las creencias cons-

titutivas de la humanidad occidental, y se traduce epistemológica o lógicamente en la creencia en la causalidad; esto es, creer que hay causas. Así, por ejemplo, la traducción psicológica de la causalidad o de la identidad es la creencia de que existe el "yo"[48]. O bien se trata de la traducción política cuya expresión consiste en creer que el Estado es necesario.

La identidad es el resultado del pensar analítico. Ese estilo de pensar les tiene pánico a las contradicciones y solo sabe de las cosas en cada caso con referencias a sí misma (*kata autó*); no es ni relacional ni contextual. Las cosas que son por necesidad y no contingente o aleatoriamente, son necesarias analítica e identitariamente.

Dicho en sentido lato: la inmensa mayoría de las comprensiones, explicaciones, modelos o teorías que ha surgido en Occidente son triviales[49]. Las LNC permiten un pensar no trivial. El contraste y las posibilidades no escapan a una mirada sensible.

Las LNC surgen como alternativas a sistemas demasiado estrechos, o bien, igualmente, demasiado laxos y fosos de pensamiento. Concomitantemente, nacen nuevos sistemas de cuantificación, nuevos lenguajes, metáforas y aproximaciones. Paralela y necesariamente, emergen nuevos tipos de relacionamiento con el mundo, la naturaleza y el universo. La lengua hablada y escrita adquieren nuevas dimensiones y ventanas, por así decirlo, y el mundo puede ser dicho de mejor manera, y entonces, claro, puede ser vivido de mejor forma.

Así como hacemos cosas con el lenguaje, las palabras confieren realidad a las cosas (Graham y Kantor, 2012).

En la historia de la ciencia, de la filosofía y de la lógica ha sido suficientemente estudiado el reduccionismo logicista, tanto como el

---

48. Cabe mencionar aquí la diferencia fuerte existente en francés entre el *je* y el *moi* y que Sartre tematiza con particular lucidez en Sartre (1968).

49. Es lo que sucede en general en todas las instancias doctrinarias, independientemente de que la fundamentación de la doctrina sea de origen religioso, político o filosófico, principalmente.

reduccionismo matematicista. Esto es, el afán de reducir las matemáticas y, con estas, al conjunto de ciencias y disciplinas a la lógica, o bien, inversamente, de reducir la lógica —y al conjunto de disciplinas y ciencias— a las matemáticas. La bibliografía al respecto es abundante.

Pues bien, el principal mérito de las LNC consiste en su pluralidad. Y es un hecho bien establecido que un sistema complejo es aquel que es irreductible —física, matemática, estadísticamente— a una sistema más simple o anterior. Quisiera resaltar este primer reconocimiento: existe una pluralidad de lógicas posibles gracias precisamente a la emergencia de las diversas LNC. El pluralismo lógico (es decir, el pluralismo en sistemas y modos de pensar) hace imposible cualquier tipo de reduccionismo o determinismo en el pensamiento o el conocimiento, y por consiguiente también en la vida. De hoy en adelante, y desiderativamente para siempre, desaparece cualquier atisbo de una canónica del pensamiento, tanto como cualquier reduccionismo de sistemas de verdad a una única verdad.

Digámoslo sin ambages, las LNC prometen nuevas formas y estilos de vida y de pensamiento. Y concomitantemente, nuevas formas de cultura y de civilización. Atrás queda (puede quedar) la historia de un pensamiento débil (Gianni Vattimo), de un pensamiento unidimensional (Herbert Marcuse) o sencillamente de una ausencia de pensamiento en nombre de algoritmos de distinta índole.

Pensar, una fruición, una verdadera alegría de vivir. Solo que es de esas alegrías que no arrancan aplausos o están pre-diseñadas, en cualquier sentido. Pensar, un acto que acerca a los seres humanos al filo de la sabiduría.

La gente entiende las cosas como puede y explica las cosas de la mejor manera posible. Los científicos[50]—como los filósofos — se dan a la tarea igualmente de comprender y explicar el mundo, solo que cualquier explicación no les da lo mismo y se ocupan de buscar siempre la mejor comprensión posible.

En este proceso, la gente normal, como los científicos, observan las cosas, las describen, formulan hipótesis, en ocasiones conjeturas, preguntan cuándo pueden lo que pueden, y van combinando procesos de especificación con procesos de generalización, en tiempos distintos y en modos alternos o paralelos.

En numerosas ocasiones, los seres humanos —legos o especialistas— combinan tipos de conocimiento diferentes. La historia del conocimiento es una especie de *pastiche*, que en realidad se va haciendo a través de retazos. Esto es lo que técnicamente se ha llegado a denominar, específicamente a partir de Jean Piaget, como inter, trans y multidisciplinariedad.

A veces los seres humanos buscan o logran explicar las cosas relacionándolas con otras, y también, ocasionalmente, las explican en función de contextos, y de cambios de contextos. Sucede asimismo que hay quienes se ocupan de explicar las cosas en términos de sus trayectorias, recorridos e historias, y hay también quienes estudian sus posibilidades y sus trayectorias probables hacia adelante, en el tiempo.

---

50. La distinción entre filósofos y científicos no siempre existió. De manera puntual, una distinción semejante se debe a Descartes. A partir de entonces se abre la puerta de dos culturas, puerta que es radicalizada cuando se introducen otros campos, disciplinas y formas de conocimiento; en la historia de la modernidad hasta hoy, se trata, notablemente, de las ciencias sociales, las ciencias humanas y las artes. Sin dejar de lado a las humanidades. Descartes es la continuación inmediata de Aristóteles, quien le hizo creer a la humanidad que existen distinciones de géneros literarios, y debemos pensar con categorías. Toda esta es la historia de la especialización, y por ahí mismo, de las separaciones del conocimiento.

De manera particular, los científicos en general elaboran interpretaciones, muchas veces buenas interpretaciones sobre fenómenos, comportamientos o sistemas; esos son los modelos[51]. Un modelo es una interpretación simplificada del mundo o de una parcela del mundo. El Santo Grial en ciencia —como en filosofía— no son los datos, las observaciones y demás de los fenómenos, sino las interpretaciones. Y es en ellas en donde se destaca el genio y la creatividad.

Como resultado de un trabajo denodado, con mucha inteligencia, gran imaginación y una pizca de suerte, algunos científicos se destacan porque logran desarrollar una teoría —sobre el mundo, la naturaleza o el universo—. Como es sabido, una teoría puede incluir uno o varios modelos, además de aproximaciones. Solo, muy excepcionalmente, unos pocos científicos en la historia de la humanidad, además de desarrollar una teoría, dan lugar al nacimiento de ciencias o de disciplinas[52].

Como se aprecia, un buen científico, al igual que un filósofo, se caracteriza porque hace una contribución decisiva al campo del conocimiento en el cual se formó. Formula y discute modelos, y no ya simplemente cosas, fenómenos o comportamientos. Elabora teorías, y las teorías logran no solamente explicar un fenómeno o conjunto de fenómenos, sino, además y muy fundamentalmente, efectúa consecuencias en el mundo. Una buena teoría es aquella que efectúa cambios en el mundo, no simplemente explica cosas.

---

51. Verosímilmente, la primera vez que parece el concepto de "modelo", en el sentido preciso de un modelo teórico, o modelo científico, o modelo matemático, fue con Henri Poincaré; específicamente a raíz de la resolución del reto formulado por el rey Oscar II de Suecia, y que dio nacimiento al problema de los tres cuerpos.

52. Algunos ejemplos conspicuos son: Darwin, que da origen a la biología; E. Lorenz, que da lugar al caos; D. Hilbert, que da comienzo a la metamatemática; P. Bak, que da lugar a la criticalidad autoorganizada e, igualmente, Benoît Mandelbrot, que inaugura la geometría de fractales. Otros ejemplos podrían y deberían ser mencionados. Pero no es esta la finalidad primera aquí. Baste con la indicación y el espíritu de aquello a lo que me refiero.

Pues bien, un buen modelo es, hoy en día, uno que por lo menos incluye dos de los siguientes tipos o clases. Existen cinco tipos principales de modelos; estos son:

- Un modelo conceptual o teórico
- Un modelo matemático
- Un modelo lógico
- Un modelo informacional
- Un modelo computacional

Gracias al desarrollo del conocimiento, los modelos matemáticos se dividen básicamente en dos grandes conjuntos según si se trata de matemáticas de sistemas continuos o bien de matemáticas de sistemas discretos. A su vez, un modelo lógico admite la distinción según si se trata de la LFC en sentido amplio, o bien, por el contrario, si hablamos de las LNC, en cuyo caso el espectro es inmensamente más amplio, rico y sugestivo. De otra parte, un modelo informacional se caracteriza porque se hace uso de lenguajes de programación ya existentes, mientras que un modelo computacional se da a la tarea de escribir código (Maldonado, 2017).

Quisiera sostener aquí, para finalizar, que la metateoría consiste en el estudio de una teoría de teorías. De una parte, se trata de la discusión de cuál es una buena teoría en contaste con otras, pero, además, y muy significativamente, se trata de abrir la puerta a la consideración de que son posibles diversas teorías. Más explícitamente, rechazo la idea de una jerarquía de teorías. Lo que tenemos del mundo y de la ciencia es un retazo de teorías, unas más acabadas que otras (Cartwright, 2005).

En este sentido, tenemos un mundo moteado con objetos y conjuntos de objetos más o menos punteados —a la manera del puntillismo en pintura; puntos, líneas suspendidas, trazos sugeridos—. Nancy. Cartwright ha formulado una propuesta que no ha sido atendida por la comunidad científica, acostumbrada a modelos estrictos, y a teorías completas. En consecuencia, por primera vez en la his-

toria podemos pensar en términos de redes de teorías (*theory-nets*). La condición determinante es que se trate de buenas teorías y no simplemente de explicaciones, acaso en un sentido trivial.

Existen y son posibles cuatro tipos de teorías. En primer lugar, se trata de las teorías existentes en la historia de la humanidad hasta la fecha. Estas son teorías esencialmente completas en el sentido que Kurt Gödel le da a la noción de completud; una manera de designar a este tipo de teorías es que son concluyentes y conclusivas, y que por tanto les tienen pavor a las contradicciones. Se asumen como teorías analíticas, o bien sobre una base de análisis —en sentido rigurosamente aristotélico—.

De otra parte, gracias a las LNC existen asimismo teorías inconsistentes. Una teoría se dice que es inconsistente si admite contradicciones con tal de que sean no triviales. Un ejemplo conspicuo es la física cuántica o, mejor aún, la mecánica cuántica, que sostiene que la materia o la energía se comportan corpuscular u ondulatoriamente. En contraste con toda la historia de la humanidad y con la ciencia normal (Thomas Kuhn) imperante, existen y son posibles también teorías inconsistentes.

Asimismo, en tercer lugar, existen y son posibles teorías paraconsistentes. La paraconsistencia es el rasgo que tiene una teoría si no es superconsistente (Peña, 1993); esto es, no es una extensión de una teoría que sea de tal tipo que toda fórmula bien formulada de una teoría es un axioma de dicha teoría. En el lenguaje técnico se dice que es delicuescente, en contraste con teorías sólidas o coherentes.

Finalmente, existen y son posibles teorías subdeterminadas (*underdetermined theory*). Se trata de todas aquellas teorías en las que conocemos los rasgos generales del mundo, de un conjunto de fenómenos o de un sistema, pero cuyos detalles desconocemos.

El siguiente modelo lógico sintetiza la idea:

$$\{\ [[[\ \text{TC}\ ]\ \text{TI}\ ]\ \text{TP}\ ]\ \text{TS}\ \}$$

Anexo 1

El fresco de las lógicas no clásicas (a la fecha)

La siguiente es una lista, hasta la fecha inacabada, de las LNC. De acuerdo con la bibliografía técnica, en ocasiones se emplea el singular o el plural. Aquí menciono el singular sin que ello perjudique determinadas prácticas o costumbres. En este libro se ha dedicado especial a la mayoría y se han dejado de lado unas pocas. El tema de las LNC emerge en este libro sobre el horizonte de un motivo principal: pensar. Las lógicas no clásicas son las siguientes:

Cálculo lambda
Lógica abductiva
Lógica alética
Lógica apilada (*bunched logic*)
Lógica condicional
Lógica cuántica
Lógica de contrafácticos
Lógica de fibras
Lógica de la interpretación
Lógica doxástica
Lógica epistémica
Lógica del tiempo
Lógica de la demostrabilidad (*provability*)
Lógica de la ficción
Lógica de la relevancia
Lógica deóntica
Lógica difusa
Lógica dinámica
Lógica erotética
Lógica híbrida
Lógica intuicionista
Lógica libre
Lógica modal
Lógica multimodal
Lógica nominada (*labelled logic*)
Lógicas no monotónicas
Lógica paraconsistente
Lógicas subestructurales
Lógica polivalente

Anexo 2

Elementos para una genealogía de este libro

A título sencillamente de apéndice, quisiera trazar la génesis de este libro a partir de trabajos y líneas de investigación previos. Existen siempre orígenes indirectos y directos. Este anexo se concentra en los orígenes directos de este libro.

Líneas clásicas de trabajo y giro hacia la complejidad y las LNC

Filosofía

Fenomenología

Teoría de la decisión racional

Teoría de la racionalidad

Derechos Humanos

Bioética

Política

Educación e investigación

Complejidad
Sistemas sociales
Matemáticas de la complejidad
Historia y complejidad

Procesamiento de información
Hypercomputación biológica
Plantas

Teoría de la evolución

Teoría cuántica

LNC y sistemas sociales

Complejidad y LNC

Sistemas sociales y lógica formal clásica

Panorama de las LNC

Inferencias (clases y tipos)

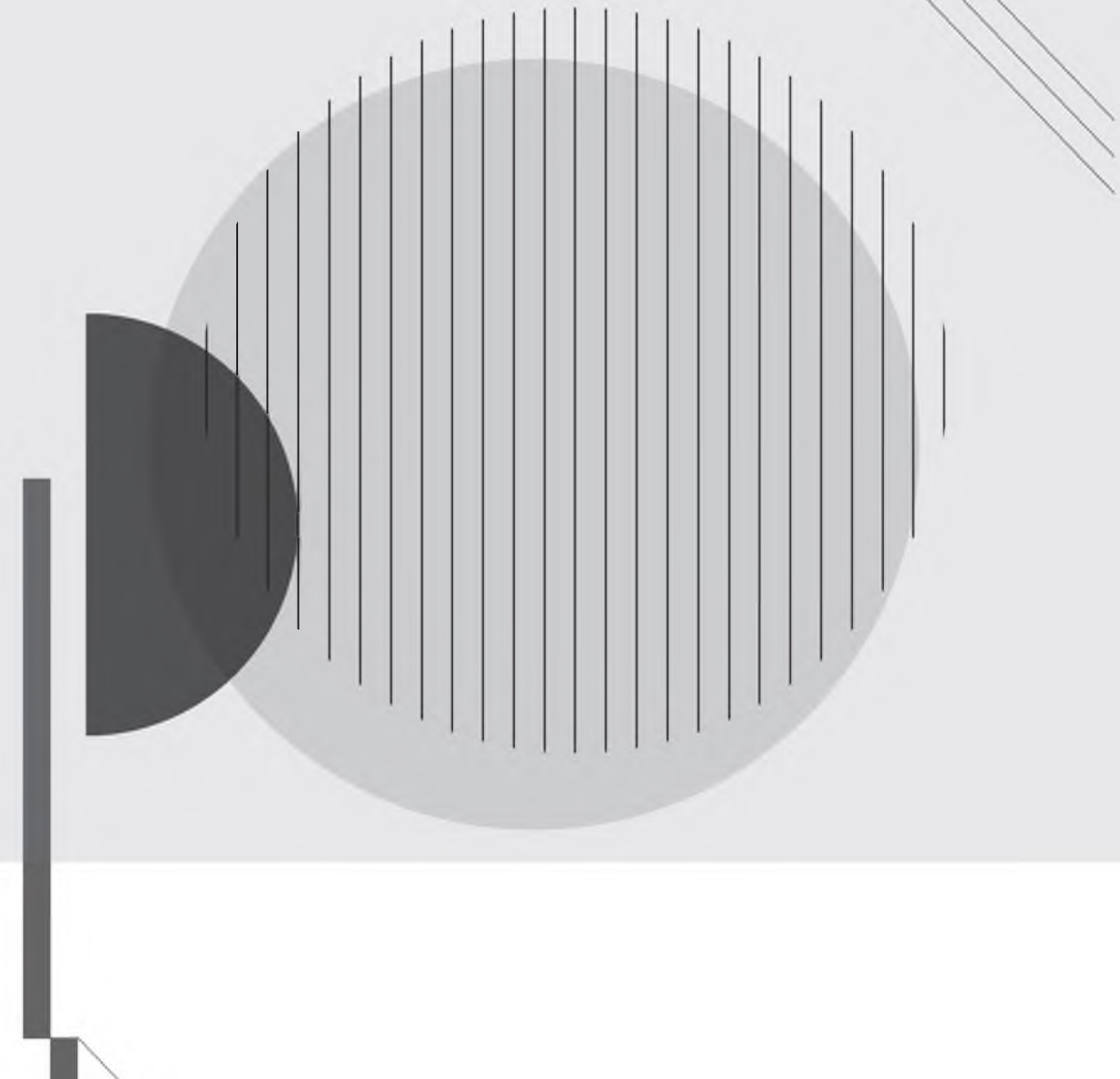
Ilustración de varias LNC

Sistemas no algorítmicos

Matemáticas de sistemas discretos

Teoría cuántica

Fuente: Elaboración del autor.



Bib

A. Bibliografía de Maldonado

Maldonado, C. (1993). El pensar como origen. *Universitas Philosophica*, (21), 95-103; retomada en *Cuadernos Filosóficos*, (1), 1-10; y *Revista Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*, *86*(562), 66-70.

(1995). Estado de la razón y la razón de estado. *Politeia*, (16), 204-212.

(1996). Ética y cultura latinoamericana. La ética de los derechos humanos. *Cuadernos de Filosofía Latinoamericana*, (66-67), 5-18.

(1997). El tiempo humano: entre la memoria y el olvido. *Justicia, Perdón, Memoria y Olvido. La urdimbre de la paz*, (16), 142-158.

(1998a). El programa contra el dualismo de R. Penrose. *Universitas Philosophica*, (31), 31-54.

(1998b). Necesidad de la razón: notas para un programa de investigación. *Revista Estudos Leopoldenses. Serie Ciencias Humanas*, *34*(152), 103-136.

(1999). Qué significa pensar, fenomenológicamente. *Praxis Filosófica*, (10-11), 107-124.

(2000). ¿Qué es la filosofía de la ciencia? El caso de la física cuántica. *Momento. Revista de física*, (21), 27-43.

(2001). Ideas para una fundamentación filosófica de la sociedad civil. *Filosofia Unisinos*, *2*(3), 75-106.

(2005). Ciencias de la complejidad: Ciencias de los cambios súbitos. *Odeón. Observatorio De Economía y Operaciones Numéricas*, 85-125.

(2006a). Ética, bioética y vida cotidiana. *Derecho y Vida. Ius et Vita*, (LIII-LIV).

(2006b). La idea de la filosofía en Patočka, o la otra carga de la fenomenología. *Utopía y praxis latinoamericana. Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría Social*, (32), 93-103.

(2006c). Lógicas no clásicas (3): Lógicas paraconsistentes. *Zero. Diecisiete*, 148-152.

(2006d). Teoría de las catástrofes y teoría financiera. *Odeón. Observatorio De Economía y Operaciones Numéricas*, 47-74.

(2007a). Aprendiendo la diversidad. *Zero. Dieciocho*, 22-26.

(2007b). Comprensión positiva de las lógicas no clásicas (4). *Zero. Dieciocho*, 160-163.

(2007c). De la ciencia a la filosofía y viceversa. *Cuadernos de Filosofía*, (9), 71-86.

(2007d). Lógicas no–clásicas (5): La lógica cuántica. *Zero. Diecinueve*, 164-168.

(2007e). ¿Qué es la biopolítica? *Doxa*, 1.

(2008a). Beauté et science: A la recherche de l'inconnu. *Alkemie. Revue semestrielle de littérature et philosophie*, (1), 73-79.

(2008b). Complejidad y ciencias sociales desde el aporte de las matemáticas cualitativas. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de ciencias sociales*, (33), 153-170. Disponible en: www.moebio.uchile.cl/33/maldonado.html

(2008c). El dilema de la cohesión social: Redes sociales e instituciones. *Revista Latinoamericana de Bioética. 8*(2), 10-19.

(2008d). History and Complexity. *Filosofski Alternativi*, 5-17. Original en inglés, publicado en búlgaro.

(2009a). Evolución, teoría de las extinciones y complejidad. *Acta biológica colombiana*, 14S, 285-302.

(2009b). La complejidad es un problema, no una cosmovisión. *UCM Revista de Investigación*, (13), 42-54.

(2009c). La dimensión filosófica del mundo: la nanología. *Episteme*, (28). Disponible en: http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php

(2009d). Significado y alcance de pensar en sistema vivos. *Thelos*, (4), 1-15. Recuperado de: www.thelos.utem.cl

(2010a). Una nota sobre criptología y complejidad. *Innovar, 20*(38), 5-12.

(2011a). Facing N-P Problems via Artificial Life: A Philosophical Appraisal. En Kampis, G., Karsai, I., y Szathmáry, E. (Eds.), *Advances in Artificial Life. Darwin Meets von Neumann - 10th European Conference, ECAL 2009* (pp. 216-221). Heidelberg: Springer Verlag.

(2012a). Complejidad de las ciencias sociales. Las contribuciones de la antropología. *Revista Jangwa Pana*, *11*, 10-26.

(2012b). Crisis of Bioethics and Bioethics in the Midst of Crises. *Revista Latinoamericana de Bioética*, *12*, (22), 112-123.

(2012c). The Complexification of Engineering. *Complexity*, *17*(4), 8–15. Disponible en: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cplx.v17.4/issuetoc

(2013a). Consecuencias políticas de la complejidad. *Iztapalapa. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, (74), 189-208. Disponible en: http://tesiuami.uam.mx/revistasuam/iztapalapa/include/getdoc.php?id=1747&article=1812&mode=pdf

(2013b). ¿Qué significa creer en los seres humanos? *Revista Análisis*, (82), 35-56. Disponible en: http://revistas.usta.edu.co/index.php/analisis/article/view/1279/1477

(2013c). Un problema fundamental en la investigación: los problemas P vs NP. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, *4*(2), 10-20.

(2014a). Cómo puede ser la biología la nueva base de la ciencia. *Crítica.cl. Revista latinoamericana de ensayo*, (18). Disponible en: http://critica.cl/reflexion/¿como-puede-ser-la-biologia-la-nueva-base-de-la-ciencia

(2014b). El (des)orden de las ciudades. *Análisis*, *46*(85), 215-231.

(2014c). ¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad? *Intersticios Sociales*, (7), 1–23. Disponible en: http://www.intersticiossociales.com

(2014d). ¿Qué es un sistema complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, *14*(29), 71-93.

(2014e). Reflexión sobre las consecuencias políticas de la complejidad. *Revista Alpha*, (38), 197-214.

(2015a). A Step Toward Understanding Information Processing in Plants. Explaining the Complexity of Life Thanks to Plants' Physiology. *Cell and Developmental Biology*, *4*(2), 156-159. doi:10.4172/2168-9296.1000156

(2015b). Biological Hypercomputation: A New Research Problem in Complexity Theory. *Complexity*, *20*(4), 8-18.

(2015c). Complejidad de la bioética. *Revista Thelos*, *1*(10), 136-145.

(2015d). El futuro ya está con nosotros. Acerca de la complejidad de la experiencia humana. *Pacarina del Sur. Revista de Pensamiento crítico latinoamericano*, (23). Disponible en: http://www.pacarinadelsur.com/home/abordajes-y-contiendas/1127-el-futuro-ya-esta-con-nosotros-acerca-de-la-complejidad-de-la-experiencia-humana

(2015e). Excurs asupra Complexitatii. Tibiscus. *Revista Trimestriala editata de Universitatea "Tibiscus" din Timisoara. 83*(2), 10-13.

(2015f). Pensar la complejidad, pensar como síntesis. *Cinta de Moebio*, (54), 313-332. Disponible en: http://www.cintademoebio.uchile.cl/

(2016a). Ciencia vs. Humanidades: una guerra que no es nuestra. *Revista Cronopio*, (68). Disponible en: http://www.revistacronopio.com/?p=18073

(2016b). El capitalismo académico: las universidades como entidades del mercado y mercadeo. *Revista Latinoamericana de Ensayo*. Disponible en: http://critica.cl/educacion/el-capitalismo-academico-las-universidades-como-entidades-del-mercado-y-mercadeo

(2016c). El evento raro. Epistemología y complejidad. *Cinta de Moebio*, (56), 187-196. doi:10.4067/S0717-554X2016000200006

(2016d). Hacia una antropología de la vida: Elementos para una comprensión de la complejidad de los sistemas vivos. *Boletín de Antropología*, *31*(52), 285-301. doi:10.17533/udea.boan.v31n52a18

(2016e). Hipercomputación biológica y comunicación entre los seres vivos. *Simbiótica*, *3*(1), 207-229.

(2016f). La naturaleza y el entorno del pensamiento. *Critica.cl. Revista Latinoamericana de Ensayo*. Disponible en: http://critica.cl/filosofia/la-naturaleza-y-el-entorno-en-el-pensamiento

(2016g). Metaheurísticas y resolución de problema complejos. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, *16*(32), 169-185.

(2016h). Pensar como la naturaleza. Una idea radical. *Unipluriversidad*, *16*(2), 41-51. Disponible en: https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/view/328311

(2016i). Psicología, ciencias del comportamiento y neurociencias. Un estudio científico y político. *Pacarina del Sur*, (26). Disponible en: http://www.pacarinadelsur.com/home/saberes-y-horizontes/1265-psicologia-ciencias-del-comportamiento-y-neurociencias-un-estudio-cientifico-y-politico

(2016j). Tiempo y ecología de la mente. *Crítica.cl. Revista Latinoamericana de Ensayo*. Disponible en: http://critica.cl/filosofia/tiempo-y-ecologia-de-la-mente

(2016k). Transformación de la no-complejidad en complejidad. *Ingeniería*, 21(32), 411-426.

(2017a). Educación compleja: indisciplinar la sociedad. *Educación y Humanismo*, *19*(33), 234–252. doi:10.17081/eduhum.19.33.2642

(2017b). Eternele cercuri ale filosofie, Revista Arca (cursivas). disponible en: http://www. uniuneascriitorilorarad.ro/ARCA/2017/1-2-3_2017/06_ eseu_1-2-3_17.html

(2017c). De dos modos de interdisciplinariedad, uno. *Critica.cl. Revista Latinoamericana de Ensayo*, (1). Disponible en: http://critica.cl/filosofia/de-dos-modos-de-interdisciplinariedad-uno

(2017d) Le souci de la vie et les possibilités. *Tibiscus. Revista Trimestriala editata de Universitatea "Tibiscus" din Timisoara*, *XXIV*. Disponible en: http://fdap.tibiscus.ro/anale-seria-drept#număr-curentcurrent-issue

(2017e). Matching the Unmatchable. Complexity theory and quantum theory. *Neuroquantology*, *15*(3), 125-129. doi:10.14704/nq.2017.15.3.1046

(2017f). Pensar, sencillamente pensar. Como alguien libre. *Critica. cl. Revista Latinoamericana de Ensayo*. Disponible en: http://critica.cl/filosofia/pensar-sencillamente-pensar-como-alguien-libre

(2017g). Positive affirmation of non-algorithmic information processing. *Cinta de Moebio*, (60), 279–285. Doi:10.4067/S0717-554X2017000300279.

(2017h). ¿Qué es eso de educación y pedagogía en complejidad? *Propuesta Educativa*, (47), 54–67. Disponible en: http://www.propuestaeducativa.flacso.org.ar/dossier_articulo.php?id=109&num=47

(2017i). Tipología de modelos científicos de explicación. Ciencia y complejidad. *Sociología y Tecnociencia*, *7*(2), 58–72. Doi:10.24197/st.2.2017.58-72

(2018a). A Quantum Coherence-Recoherence-Based Model of Reality. *Neuroquantology, 16*(11), 44-48 Doi:10.14704nq.2018.16.11.1858

(2018b). La investigación como ludopatía. *Pacarinadelsur*, (37). Disponible en: http://www.pacarinadelsur.com/home/alma-matinal/1677-la-investigacion-cientifica-como-ludopatia

(2018c). Quantum Physics and Consciousness: A (Strong) Defense of Panpsychism. *Trans/from/acao*, *41*, 101-118. doi:10.1590/0101-3173.2018.v4lesp.07.p101

(2018d). Seis tesis sobre complejidad y salud. *Revista Salud Bosque*, *8*(1). Doi:10.18270/rsb.v8i1.2370

Maldonado, C. E. & Gómez-Cruz, N. A. (2014). Synchronicity Among Biological and Computational Levels of an Organism: Quantum Biology and Complexity. *Procedia Computer Science*, (36), 177-184. doi:10.1016/j.procs.2014.09.076

Maldonado, C. E. y Mezza-García, N. (2015). Crítica al control jerárquico de los regímenes políticos: complejidad y topología. *Desafíos*, (27-1), 121-158.

Maldonado, C. E. & Mezza-García, N. (2016). Anarchy and Complexity. Emergence: *Complexity and Organization*, *18*(1), 52-73.

2. Libros

Maldonado, C. (1996). *Introducción a la fenomenología a partir de la idea del mundo. La filosofía de Husserl.* Bogotá: CEJA.

Entre estas dos hay que insertar la siguiente referencia: (1997). *Human Rights, Solidarity and Subsidiarity. Essays on Social Ontology*. Washington, D.C.: Council for Research in Values and Philosophy.

(1999). *Hacia una fundamentación filosofica de los derechos humanos. Una puesta en diálogo* (segunda ed.). Bogotá: Arango Editores.

(2000a). *Pensar la política*. Bogotá: Universidad Libre-Facultad de Filosofía.

(2000b). *Sociedad civil, racionalidad colectiva y acción colectiva*. Bogotá: Universidad Libre.

(2001a). *Colección Bios y Ethos, N.o 16: Contrapuntos de investigación* Bogotá: Universidad El Bosque.

(2001b). *Colección Filosofía y Política, N.o 3: Cotidianeidad y destino de la globalización)*. Bogotá: Universidad Libre.

(2001c). *Corrupción y derechos humanos. El malestar general del estado*. Bogotá: Universidad Libre.

(2002). *Filosofía de la sociedad civil*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores-Universidad Libre.

(2003). *Biopolítica de la guerra y la paz*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores-Universidad Libre.

(2005a). Complejidad y ciencias sociales. El problema de la medición de los sistemas sociales humanas. En *Complejidad de las*

ciencias y ciencias de la complejidad. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(2005b). CTS + P. *Ciencia y tecnología como política pública y política social*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia-Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

(2005c). *Termodinámica y complejidad. Una introducción para las ciencias sociales y humanas*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(2008). *Filosofia societăţii civile*. Bucarest: Editura Bastion.

(2011a). *El mundo de las ciencias de la complejidad* (N. Gómez-Cruz ed.). Bogotá: Universidad del Rosario.

(2011b). *Hacia una fundamentación filosófica de los derechos humanos* (tercera ed.). Bogotá: Universidad del Rosario.

(2011c). *Termodinámica y complejidad. Una introducción para las ciencias sociales y humanas*. Bogotá: Desde Abajo.

(2013). *Significado e impacto social de las ciencias de la complejidad*. Bogotá: Desde Abajo.

(2015). *Introducción al pensamiento científico de punta, hoy*. Bogotá: Desde Abajo.

Maldonado, C. E., Osorio García, S. N. y Delgado Díaz, C. J. (2013). *Ciencias de la complejidad, desarrollo tecnológico y bioética. ¿Para qué sirve la bioética global?* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

3. Libros como editor o compilador

Maldonado, C. (ed.) (1999). *Información, educación y salud en la sociedad del conocimiento*. Bogotá: Colciencias-Fepafem-Academia Nacional de Medicina.

(ed.). (2001). *Visiones sobre la complejidad* (segunda ed.). Bogotá, Universidad El Bosque, Colección Filosofía y Ciencia.

(comp.). (2005). *Complejidad de las ciencias y ciencias de la complejidad*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(ed.). (2007). *Complejidad: Ciencia, pensamiento y aplicaciones*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(ed.). (2009). *Complejidad: Revolución científica y teoría*. Bogotá, Editorial Universidad del Rosario.

(ed.). (2010). *Fronteras de la ciencia y complejidad*, Bogotá: Universidad del Rosario.

(ed.). (2012). *Derivas de complejidad. Fundamentos científicos y filosóficos*. Bogotá: Universidad del Rosario.

(ed.). (2013a). *Derivas de complejidad. Aplicaciones y mediciones*. Bogotá: Universidad del Rosario.

(ed.). (2013b) *Derivas de complejidad. Ciencias sociales y tecnologías convergentes*. Bogotá: Universidad del Rosario.

Maldonado, C. E. y Eschenhaguen M. L. (eds.). (2014). *Un viaje por las alternativas al desarrollo. Perspectivas y propuestas teóricas*, Bogotá-Medellín: Universidad del Rosario- Universidad Pontificia Bolivariana.

Maldonado, C. E., Forero Lloreda, E. y López, C. E. (eds.). (2009). *Complejidad de la arqueología y el turismo cultural: territorios, sostenibilidad y patrimonio*. Bogotá: Universidad del Rosario.

Maldonado, C. E. y Gómez, A. I. (comps.). (2005). *Bioética y educación. Investigación, problemas y propuestas*. Bogotá: Universidad El Rosario.

Maldonado, C. E., Vega, M. y Marcos, A. (coords.). (2001). *Racionalidad científica y racionalidad humana. Tendiendo puentes entre ciencia y sociedad*. Valladolid: Universidad de Valladolid-Universidad El Bosque.

4. Capítulos de libro

Maldonado, C. (1995a). Idea de la formación del filósofo. En *Pensar a Foucault*. Bogotá: Instituto Luis Carlos Galán-Universidad Nacional de Colombia.

(1995b). La posibilidad de la razón. *C. Gutiérrez (ed.), (cursivas) El trabajo filosofico de hoy en el continente*. Bogotá: Universidad de los Andes.

(1996). Dialéctica entre el olvido y la memoria. En *La memoria frente a los crímenes de lesa humanidad*. Bogotá: Fundación Manuel Cepeda-Defensoría del Pueblo.

(1997). Ética y cultura latinoamericana. La ética de los derechos humanos. En *Pedagogía y derechos humanos: encuentros y desencuentros*. Bogotá: Red Latinoamericana de Educación para la Paz y los Derechos Humanos.

(1998b). Fundamentos para la toma de decisiones. En *Comités bioéticos clínicos* Bogotá: Ministerio de Salud.

(2000a). Comparaciones interpersonales e interculturales de bienestar. En (cursivas) Colección Bios y Ethos, N.o. 15: Bioética y calidad de la vida (hasta aquí cursivas). Bogotá: Universidad El Bosque.

(2000b). Democracia, paz y complejidad y Construcción de la sociedad civil. ¿Población civil o sociedad civil? En *Democracia, derechos humanos y Derecho Internacional Humanitario*. Bogotá: Universidad Libre.

(2001c). *Filosofía y salud. En Colección Bios y Ethos, N.o. 9: Bioética y justicia sanitaria*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2000d). Formulación de la pregunta: ¿qué es la sociedad civil? En F, Parenti (comp.), *lo público y lo privado*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.

(2000e) Fundamentos para la comprensión del problema de la calidad de la vida. Mundo, Posibilidad y Apertura. En Colección Bios y Ethos, N.o. 1: Bioética. La calidad de vida en el siglo XXI (segunda ed.). Bogotá: Escuela Colomiana de Medicina.

(2000f). Ideas acerca de la historia y el futuro de las relaciones entre ciencia y filosofía. En M, Rujana *Problemas actuales de la filosofía* Bogotá: Universidad Libre.

(2000g). Lugar y significado de la vida artificial en la bioética y la ecología. En *Colección Bios y Ethos, N.o. 11: Bioética y medio ambiente*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2001a). Comunidad de esencia y comunidad de problemas de la bioética y los derechos humanos. En *Colección Bios y Ethos, N.o. 7: Bioética y derechos humanos*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2001b). Ética, decisión racional y teoría de la acción. En *Colección Bios y Ethos, N.o. 3: Problemas de la ética aplicada.* Bogotá: Universidad El Bosque.

(2002a). El nihilismo y el pensar de Nietzsche y Heidegger. En M, Rujana (ed.) *Nietzsche en el horizonte de la contemporaneidad. El diseño de una nueva sensibilidad hermenéutica*. Bogotá: Siglo del Hombre-Universidad Libre.

(2002b). Una pregunta difícil: ¿(cómo) es posible la neutralidad? En *Colección Bios y Ethos, N.o. 19: Bioética y conflicto armado*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2003a). Bioética y sociedad del conocimiento. En *Colección Bios y Ethos, N.o. 20: Bioética, ciencia, tecnología y sociedad (CTS)* . Bogotá: Universidad El Bosque.

(2003b). Dubitabilidad de un mundo basado en la persona. En *Teoría jurídica. Reflexiones críticas*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores.

(2003b). La soledad de la razón del realismo político. Un análisis sobre el proceso de paz del actual gobierno. En *Conflicto político y criminalidad. El nororiente colombiano*. Bucaramanga: UIS.

(2004a). Construyendo la evolución. Una defensa fuerte de la biotecnología. En *Bioética y biotecnología en la perspectiva CTS*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2004b). ¿Es posible hablar de evolución o de progreso de la calidad de la vida? En M. Morales y W. Mellizo (eds.) *Calidad de vida. Enfoques, perspectivas y aplicaciones del concepto*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

(2004c). Explicando la sorpresa. Un estudio sobre emergencia y complejidad. En *Causalidad o emergencia. Diálogo entre filósofos y científicos*. Bogotá: Universidad de la Sabana-Sociedad Colombiana de Filosofía de la Ciencia.

(2004d). Tensión entre la bioética y la biopolítica. A propósito de la biotecnología. En *Horizontes de la bioética. Salud y realidad social*. Bogotá: Academia Nacional de Medicina-Universidad El Bosque.

(2004a). Una paradoja del mundo contemporáneo: inevitabilidad e insuficiencia de la ética. En *Ética, filosofía y derecho: Hacia la construcción ética de lo público*. Bogotá: Procuraduría General de la Nación-Instituto de Estudios del Ministerio Público.

(2004e). Universidad e investigación: una relación poco evidente. En *La política universitaria en la sociedad del conocimiento*. Bogotá: Magisterio.

(2005a). El sexo como una expresión de la complejidad de la vida. Un ensayo de filosofía de la biología. En *Bioética y sexualidad*. Bogotá: Universidad El Bosque.

(2005b). Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS. En I. Hernández, (comp.) *Estética, ciencia y tecnología. Creaciones electrónicas y numéricas*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

(2006a). Bioética, biopolítica y los problemas de la acción. En *Historia y fundamentos de la bioética. En camino hacia la biopolítica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

(2006b). Educación en ciencia y normalización. Un examen crítico. En J. Giraldo (ed.) *Conformación de un nuevo ethos cultural*. Bogotá: Asociación para la Enseñanza de la Ciencia-Buinaima.

(2007a). Bioética, biopolítica, bioderecho y bioeconomía: panorama práctico de la bioética. En *Bioética y biojurídica*. Tunja: Universidad de Boyacá.

(2007b). El problema de una teoría general de la complejidad de fractales. En F. López Aguilar y F. Branbila Paz, (comps.) *Antropología fractal*. México, D.F.: Centro de Investigación en Matemáticas.

(2007c). Filosofía de la ciencia y nanotecnociencia. En J. Giraldo, E. González y F. Gómez (eds.) *Nanotecnociencia. Nociones preliminares sobre el universo microscópico*. Bogotá: Buinaima.

(2007d). La globalización como proceso: herramientas para pensar procesos. En G. A. Ramírez Cleves (ed.). *El derecho en el contexto de la globalización* (G. A. Ramírez Cleves, ed.). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(2007e). Luxury as Opennes to the World. En D. Percec, C. Valcan (eds.) *Despre Lux*. Cluj-Napoca: Editura Napoca Star.

(2007f). Política y sistemas no-lineales: la biopolítica. En B. Vela Obregón (coord.) *Dilemas de la política*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

(2008a). Ambigüedad de lo humano: un estudio hacia la complejidad de la antropología. En I. Calderón, (coord.) *¿Quiénes somos? Hacia una comprensión de lo humano*. Bogotá: Universidad de la Sabana.

(2008b). La complejidad de la salud. Interacciones entre lo biológico y lo social. En M. C. Morales (ed.) *Repensando la naturaleza social de la salud en las sociedades contemporáneas. Perspectivas, retos y alternativas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

(2009a). Alterity and Intersubjectivity in the Midst of Mathematics and Networks. En A. Tat & C. Valcan (eds.) *Cadenta Ideilor*. Cluj-Napoca: Editura Napoca Star.

(2009b). El problema y el reto de la interpretación en ciencia: David Bohm y la física cuántica. En J. Giraldo (ed.) *Unos cuantos para todo*. Bogotá: Buinaima.

(2010a). Construyendo la evolución. Filosofía de la biología y filosofía de la tecnología: un ensayo sobre la velocidad. En I. Hernández y R. Niño (eds.) *Estética, vida artificial y biopolítica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

(2010b). Ingeniería de sistemas complejos: Panorama y oportunidades. En L. Pineda y P. Padilla (eds.) *El futuro de la educación en ingeniería y en la gestión de la ingeniería: una perspectiva sistémica*. Metz: Universidad del Rosario-Instituto Tecnológico de Metz.

(2010c). Sistemas vivos y complejidad. En Eschenhagen, M. (comp.) *Aportes ambientales desde América Latina. Para la apertura de las ciencias sociales*. Bogotá: Universidad Central.

(2011a). ¿Cómo es la complejidad de la ciudad? En V. Guallart, W. Müller y C. Hernández (eds.) *MultiBogotá. El por-venir de la ciudad discontinua. Una propuesta optimista para Bogotá siglo XXI*. Bogotá: Empresa de Renovación Urbana.

(2011b). History as an Increasingly Complex System. En J. Hogan (ed.) *History and Cultural Identity. Retrieving the Past, Shaping the Future*. Washington, D.C.: The Council for Research in Values and Philosophy.

(2012a). Biología de lo posible. Un ensayo de filosofía de la biología. En I. Hernández (ed.) *Poéticas de la biología de lo posible*. Hábitat y vida Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

(2012b). Biología teórica y filosofía. Las tesis de S. Kauffman. En Z. Saldivia Maldonado (comp.) *Ensayos de epistemología contemporánea*. Santiago de Chile: Bravo y Allende Editores.

(2012c). From Being to Becoming. Thinking Toward Complexity. En C. Cheveresan & C. Valcan (eds.) *Excentris. Marginali, Excentrici, Rebeli*. Timisoara: Editura Universitatii de Vest.

(2012d). Introducción y ¿Qué son las ciencias de la complejidad? Filosofía de la ciencia de la complejidad. En C. E. Maldonado (ed.) *Derivas de complejidad. Fundamentos científicos y filosóficos*. Bogotá: Universidad del Rosario.

(2013). Estética y complejidad: del estado del arte a los problemas. En I. Hernández y R. Niño (eds.) *Estética y sistemas abiertos. Procesos de no-equiibrio entre el arte, la ciencia y la ciudad*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

(2014a). Biodesarrollo y complejidad. Propuestas de un modelo teórico. En C. E. Maldonado y M.. Eschenhaguen (eds.) *Un viaje por las alternativas al desarrollo. Perspectivas y propuestas teóricas*. Bogotá-Medellín: Universidad del Rosario-Universidad Pontificia Bolivariana.

(2014b). Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias sociales. En F. Osorio (ed.) *Epistemología y ciencias sociales: ensayos latinoamericanos*. Santiago de Chile: LOM.

(2015a). Bioética y complejidad. En R. A. Roa-Castellanos, M. A. Capó-Martí y J. M. Delgado Mateo (eds.) *Biocracia. Primera aproximación Biopolítica desde la Medicina, la Justicia y la Bioética*. Quito: Universidad Internacional Sek.

(2015b). Ciencias de la complejidad, educación, investigación. Tres problemas fundamentales. En C. Correa de Molina, A. Silvera Sarmiento y C. Collante Caiafa (eds.) *Simposio Internacional Educación, Formación Docente y Práctica Pedagógica en Contexto*. Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.

(2015c). De la interdisciplinariedad a la complejidad. En A. M. Miralles y A. E. Hincapié (eds.) *El trascender de las disciplinas. Un camino para investigar juntos*, Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

(2015d). El papel de la imaginación para el estudio de los sistemas complejos. En *Educación y Pedagogía en Política y Relaciones Internacionales. Experiencias y reflexiones*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.

(2016a). Hipercomputación biológica. En *Memorias Congreso Internacional Multimedia*. Bogotá: UMNG.

(2016b). The Complexity of Non-Violent Action. En F. Cante y H. Quehl (eds.) *Handbook on Research on Transitional Justice and Peace Building in Turbulent Regions*. IGI.

(2018a). Metaheurísticas de investigación en complejidad. En M. L. Eschenhaguen, G. Vélez-Cuartas, C. E. Maldonado y G. Guerrero (eds.) *Construcción de problemas de investigación: diálogo entre el interior y el exterior*. Medellín: Universidad de Antioquia-Universidad Pontificia Bolivariana.

B. Bibliografía de otros autores

1. Bibliografía general

Alchourrón, C. E., Méndez, J. M. y Orayen, R. (eds.). (1995). *Lógica*. Madrid: Trotta-CSIC.

Ball, P. (2018). *Cuántica. Qué significa la teoría de la ciencia más extraña*. Madrid: Turner.

Beall, J. C., y Restall, G. (2006). *Logical Pluralism*. Oxford: Clarendon Press.

Bobenrieth, A. (1996). *Inconsistencias, ¿por qué no?* Bogotá: Colcultura.

Boudon, R. (1991). *La p*lace du désordre: *critique des théories du changement social*. Paris: Quadrige.

Chazal, G. (2009). *Logiques non-standard*. Dijon: Éditions Universitaires de Dijon.

Cowan, G. A., Pines, D. & Meltzer, D. (1994). *Complexity. Metaphors, Models, and Reality*. Cambridge: Perseus Books.

Elster, J. (1994). *Lógica y sociedad. Contradicciones y mundos posibles*. Barcelona: Gedisa.

Elster, J. (1996). *Tuercas y tornillos. Una introducción a los conceptos básicos de las ciencias sociales*. Barcelona: Gedisa.

Engel, P. (1991). *The Norm of Truth. An Introduction to the Philosophy of Logic*. Toronto-Buffalo: University of Toronto Press.

García Gutiérrez, A. (2007). P*luralismo lógico y violencia de la clasificación*. Barcelona: Anthropos.

Goble, L. (ed.). (2005). *The Blackwell Guide to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing.

Goody, J. (2006). *The Theft of History*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hefferman, G. (1989). *Isagoge in die phänomenologische Apophantik*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Hintikka, J. (1998). *El viaje filosófico más largo. De Atenas a Bloomsbury*. Barcelona: Gedisa.

Horgan, J. (1995). *From Complexity to Perplexity. Scientific American, 272*(6), 104-109.

Jacquette, D. (ed.). (2006). *A Companion to Philosophical Logic*. New Jersey: Blackwell Publishing.

Mares, E. D. (2004). *Relevant Logic. A Philosophical Interpretation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Maturana, H. y Varela, F. (1984). *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Madrid: Debate.

Merton, R. (1980). *Teoría y estructuras sociales*. México: FCE.

Palau, G. (2002). *Introducción filosófica a las lógicas no clásicas*. Barcelona: Gedisa-Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras.

Peña, L. (1993). *Introducción a las lógicas no-clásicas*. México: UNAM.

Priest, G. (2004). *An Introduction to Non-Classical Logic*. Cambridge: Cambridge University Press.

Schirn, M. (ed.). (1998). *The Philosophy of Mathematics Today*. Oxford: Clarendon Press.

Smolin, L. (2019). *Einstein's Unfinished Revolution. The Search for What Lies Beyond the Quantum*. New York: Penguin Press.

Stadler, F. (2011). *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. México: F.C.E.

Taleb, N. (2008). *El cisne negro. El impacto de lo altamente improbable*. Barcelona: Paidós.

Turing, A., (1992). "Can Machines Think?", en: *AI Magazine*, vol. 13, No. 2; disponible en: http://www.993-Article%20Text-990-1-10-20080129.pdf

Tymoczko, Th. (ed.). (1998). *New Directions in the Philosophy of Mathematics. An Antology*. Princeton: Princeton University Press.

Weingartner, P. (ed.). (2010). *Alternative Logics. Do Sciences Need Them?* Heidelberg: Springer Verlag.

2. Bibliografía básica sobre las LNC trabajadas en este libro

Bencivenga, E. (1980). Free Semantics for Definite Descriptions. *Logique et Analyse*, (92), 393-405.

Bencivenga, E. (1989). Why Free Logics? En E, Bencivenga (ed.) *Loose Ends* Minneapolis: University of Minneapolis Press.

Engesser, K., Gabbay, D. M. & Lehmann, D. (Eds.). (2009). *Handbook of Quantum Logic and Quantum Structures*. Amsterdam: Elsevier.

Gabbay, D. M. & Guenthner, F. (eds.). (2014). *Handbook of Philosophical Logic* (segunda ed., vol. 17). Heidelberg: Springer Verlag.

Gabbay, D. M., Shehtman, V. & Skvortsov, D. (2009). *Quantification in Nonclassical Logic. Studies in Logic and the Foundations of Mathematics* (vol. 153). Amsterdam: Elsevier.

Gabbay, D. M. (1999). *Fibring Logics*. New York-Oxford: Oxford University Press.

Gardies, J. L. (1979). *Lógica del tiempo*. Madrid: Paraninfo.

Garson, J. W. (2006). *Modal Logic for Philosophers*. Cambridge: Cambridge University Press.

Goguen, J. A. (1968-9). The Logic of Inexact Concepts. *Synthese*, (19), 325-373.

Gómez Marín, R. A. (2007). *Lógicas no-clásicas. Principios y fundamentos*. Medellín: Universidad EAFIT.

Graesser, A. C., Person, N. K. & Huber, J. D. (1992). Mechanisms that Generate Questions. En T. E., Lauer, T. E., Pencock & A.C. Graesser (eds.) *Questions and Informatoin Systems*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Grayling, A. C. (1997). *An Introduction to Philosophical Logic* (tercera ed.). Oxford: Blackwell Publishing.

Haack, S. (1991). *Filosofía de las lógicas*. Madrid: Cátedra.

Haack, S. (1996). *Deviant Logic, Fuzzy Logic. Beyond the Formalism*. Chicago-London: The University of Chicago Press.

Halpern, J. Y. (ed.). (1986). *Theoretical Aspects of Reasoning and Knowledge, Proccedings of the 1986 Conference*. Los Altos: Morgan Kauffman.

Halpern, J. Y. y Moses, Y. O. (1985). A Guide to the Modal Logics of Knowledge and Belief. En A, Joshi (ed), *Proccedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Los Altos: Morgan Kauffman.

Hintikka, J. (2007). *Socratic Epistemology. Explorations of Knowledge-Seeking by Questioning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kvart, I. (1986). A *Theory of Counterfactuals*. Atascadero: Ridgeview Publishing Co.

Kyburg, Jr., H. E. & Man Teng, Ch. (2001). *Uncertain Inference*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lambert, K. (1997). *Free Logics: Their Foundations, Character, and Some Applications Thereof* Saint Agustin: Academia Verlag.

Lupkowski, P. (2015). *Logic of Questions in the Wild. Inferential Erotetic Logic in Information Seeking Dialogue Modelling*. London: College Publications.

Makinson, D. (2005). *Bridges from Classical to Nonmonotonic Logic*. London: King's College Publications.

Marcus, R. B. (1995). *Modalities. Philosophical Essays*. New York-Oxford: Oxford University Press.

McNeill, D. y Freiberger, P. (1994). *Fuzzy Logic. The Revolutionary Computer Technology that is Changing our Worl*d. New York: Touchstone.

Paoli, F. (2002). *Substructural Logics: A Primer*. Heidelberg: Springer Verlag.

Priest, G. (2008). *An Introduction to Non-Classical Logic. From if to is*. Cambridge: Cambridge University Press.

Prior, A. N. (2003). *Papers on Time and Tense*. Oxford: Oxford University Press.

Reiter, R. (1980). A Logic for Default Reasoning. *Artificial Intelligence,* (13), 81-132.

Restall, G. (2000). *An Introduction to Substructural Logics*. London: Routledge.

Schock, R. (1968). *Logics Without Existence Assumptions*. Uppsala: Almqvist and Wksells.

Van Fraasen, B. y Lambert, K. (1967). On Free Description Theory. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, (13), 225-240.

Weingartner, P. (ed.). (2010). *Alternative Logics. Do Sciences Need Them?* Heidelberg: Springer Verlag.

Wisniewski, A. (1995). *The Posing of Questions: Logical Foundations of Erotetic Inferences*. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers.

Woods, J. (1969). Fictionality and the Logic of Relations. *Southern Journal of Philosophy*, (7), 51-63.

Woods, J. (2009). *The Logic of Fiction*. London: College Publications.

3. Bibliografía sobre LNC y complejidad

Cook, S. & Nguyen, P. (2010). *Logical Foundations of Proof Complexity*. Cambridge: Cambridge University Press-Association for Symbolic Logic.

4. Bibliografía sobre lógica en general

Bochenski, I. M. (1985). *Historia de la lógica formal*. Madrid: Gredos.

Boole, G. (1984). *El análisis matemático de la lógica*. Madrid: Cátedra.

Dowek, G. (2011). *Les métamorphoses du calcul. Une étonnante histoire des mathématiques*. Paris: Le Pommier.

Engel, P. (1991). *The Norm of Truth. An Introduction to the Philosophy of Logic*. Toronto-Buffalo: University of Toronto Press.

Frege, G. (1977). *Begriffsschrift und Andere Aufsätze*. Darmstadt: Wissenshaftliche Buchgesellshaft.

Frege, G. (1984). *Investigaciones lógicas*. Madrid: Tecnos.

Gödel, K. (1962). *On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems*. New York: Dover Publications, Inc.

Hanna, R. (2006). *Rationality and Logic*. Cambridge-London: The MIT Press.

Herrick, P. (2000). *The Many Worlds of Logic*. Harcourt Brace College Publishers.

Kneale, W. & Kneale, M. (1984). *The Development of Logic*. Oxford: Clarendon Press.

Lipton, R. (2010). *The P = NP Question and Gödel's Lost Letter*. Heidelberg: Springer Verlag.

Loux, M. J. (ed.). (1979). *The Possible and the Actual. Readings in the Metaphysics of Modality*. Ithaca-London: Cornell University Press.

Mitchell, S. (2003). *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge: Cambridge University Press.

Monsalve, A. (1992). *La teoría de la argumentación. Un trabajo sobre el pensamiento de Chaïm Perelman y Lucie Olbrechts-Tyteca*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Morris, I. (2016). *¿Por qué manda Occidente… por ahora? Las pautas del pasado y lo que revelan sobre nuestro futuro*. Barcelona: Ático de los Libros.

Nagel, E. (1974). *La lógica sin metafísica*. Madrid: Tecnos.

Nagel, E. y Newman, J. R. (2017). *El teorema de Gödel*. Madrid: Tecnos.

Nidditch, P. H. (1983). *El desarrollo de la lógica matemática*. Madrid: Cátedra.

Ordine, N. (2015). *La utilidad de lo inútil. Manifiesto*. Barcelona: Acantilado.

Palau, G. (2004). *Lógicas condicionales y razonamiento de sentido común*. Barcelona: Gedisa-Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras.

Quine, W. V. (1984). *Filosofía de la lógica*. Madrid: Alianza.

Quine, W. V. (1992). *La búsqueda de la verdad*. Barcelona: Crítica.

Popper, K. R. (1977). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

Smullyan, R. (1997). *¿Cómo se llama este libro? El enigma de Drácula y otros pasatiempos lógicos*. Madrid: Cátedra.

Tarski, A. (1995). *Introduction to Logic. And the Methodology of deductive sciences*. New York: Dover.

Van Fraasen, B. C. (1987). *Semántica formal y lógica*. México, D.F.: UNAM.

Van Heijenoort, J. (1967). *From Frege to Gödel. A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931*. Cambridge-London: Harvard University Press.

Wang, H. (1996). *A Logical Journey: From Gödel to Philosophy*. Cambridge: The MIT Press.

5. Bibliografía básica sobre el pensar

Dewey, J. (2005). *How We Think*. New York: Barnes & Noble.

Gabriel, M. (2016). *Yo no soy mi cerebro. Filosofía de la mente para el siglo XXI*. Madrid: Pasado y Presente.

Gabriel, M. (2019). *El sentido del pensamiento*. Madrid: Pasado y Presente.

Goble, L. (2005). *The Blackwell Guide to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing.

Graham, L. y Kantor, J. M. (2012). *El nombre del infinito. Un relato verídico de misticismo religioso y creatividad matemática*. Barcelona: Acantilado.

Heidegger, M. (1977). *What Calls for Thinking?* En *Basic Writings*. New York: Harper & Row, Publishers.

Heidegger, M. (1994). *Was heisst Denken?* Tübingen: Max Niemeyer Verlag.

Jacquette, D. (2007). *A Companion to Philosophical Logic*. Backwell Publishing.

Kauffman, S. (2016). *Humanity in a Creative Universe*. Oxford: Oxford University Press.

Message, J., Roman, J. y Tassin, E. (1988). *À quoi pensent les Philosophes? Ces grands concepts qui ont marqué notre monde*. Paris: Ellipses Marketing.

Sartre, J. P. (1968). *La trascendencia del ego*. Buenos Aires: Ediciones Calden.

Wang, H. (1987). *Reflections on Kurt Gödel*. Cambridge, MA: The MIT Press.

6. Bibliografía introductoria a las lógicas no clásicas

Goble, L. (ed.). (2005). *The Blackwell Guide to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing.

Jacquette, D. (ed.). (2002). *A Companion to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing.

Palau, G. (2002). *Introducción filosófica a las lógicas no clásicas*. Barcelona: Gedisa-Universidad de Buenos Aires.

Peña, L. (1993). *Introducción a las lógicas no clásicas*. México: UNAM.

7. Bibliografía básica sobre las bases biológicas del pensar

Damasio, A. (1999). *The Feelings of What Happens. Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt Brace College Publishers.

Damasio, A. (2003). *El error de Descartes*. Barcelona: Crítica.

Jablonka, E. y Lamb, M. L. (2006). *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. Cambridge: The MIT Press.

8. Página web

http://www.scholarpedia.org/article/Swarm_intelligence

Índice temático

A

Aleatoriedad; 12, 118, 145, 160, 248, 250, 251
Alma; 36, 40, 48, 54, 85, 88, 200
Amor; 35, 44, 49, 83, 138, 139-141, 179, 258
Análisis; 99, 108, 109, 131, 136, 158, 168, 187, 209, 215, 269
Analíticos; 261
    anteriores; 23, 261
    métodos; 158
    posteriores; 23, 261
    primeros; 23, 131, 261
    segundos; 23, 131, 261
Anomalías; 26, 41, 239
Azar; 12, 119, 145, 160, 248-251

B

Bases de datos; 68, 71, 99, 102, 159, 177, 239

C

Cambio; 118, 127, 168, 177, 194, 211, 212, 246
Capacidad
    de aprendizaje; 61, 75, 153, 177
    de pensar; 28, 55
Causalidad; 151, 159, 164, 165, 251, 262
Cerebro; 32, 34, 56, 59-73, 82, 115, 205, 212, 224, 227, 256, 260
Certeza; 75, 150, 182
Ciencia(s)
    cognitivas; 68, 256
    de frontera; 109
    de grandes de datos; 239
    de la complejidad; 12, 15, 16, 20, 22, 28, 32, 33, 50, 51, 93, 106, 108, 111, 132, 133, 141, 144, 145, 155-157, 160, 161, 168, 193, 205, 206, 212, 237-240, 258, 260

de la computación; 96, 197, 212
de procesos; 145
de punta; 109, 141, 145, 163, 207, 239
de redes complejas; 22, 174, 212
del caos; 156
del comportamiento; 68, 99
en general; 26, 54, 68, 95, 106, 109, 137, 205
humanas; 70, 266
normal o hegemónica; 28
revolucionaria; 26
sociales; 14, 70, 165, 208, 213, 266
y lógica; 15
y tecnología; 36, 101
Círculo de Viena; 51, 140, 206
Cisnes
blancos; 88, 89, 249
negros; 29, 85, 89, 150, 248, 249, 252
Complejidad
avant la lettre; 32, 51
en sentido estricto; 51
computacional; 49-51, 193
del mundo; 20, 23, 89, 132, 133, 168, 173, 190, 236, 240
Computación; 50, 94, 96, 97, 99-102, 138, 107, 204, 206, 212, 217
Conciencia; 27, 36, 38, 60, 73
Conjuntos difusos; 179, 181, 182
Conocer (el); 21, 54, 246, 251, 260
Contingencia; 12, 116, 145, 160, 166, 248
Contrafácticos; 105, 153, 202, 204, 212, 271
Cooperación; 40, 64, 68, 219, 221, 243
Cuantificadores; 158, 214
clásicos o formales; 157, 161
particulares; 161
universales; 186

Cultura
de paz; 125
de vida; 125
en general; 115, 121, 125
light; 85
tradicional; 88, 109
Cumplimiento de las normas; 38, 167
Curricularización; 42

D

Debate de Copenhague; 45, 113
Decibilidad y la completitud; 191
Deducibilidad; 24, 190
Demostración; 102, 191, 220
Demostraciones
verificación de las; 103
Depresión; 79, 82
Derecho(s)
alternativo; 234
fundamentales; 234
humanos; 234, 273
positivo; 167, 174, 189
Determinismo; 131, 145, 160, 193, 215, 249, 263
Disciplinas; 20, 70, 163, 204, 212, 238, 263, 266
Duda; 36, 87, 173

E

Ecología; 212, 213, 258
Edad Media; 131, 136
Encefalocentrismo; 32, 65
Endosimbiosis; 63, 64
Energía; 73, 183, 233, 269

Entropatía; 36, 78
Epigénesis o epigenética; 62, 63, 64
Episteme; 130, 197
Estadística; 14, 88, 141, 149, 150, 179-181, 210, 231, 248
Estado del arte; 17, 35, 39, 50
Estructuras mentales; 50, 115
Etiquetar; 120, 124, 127, 247

F

Falseación; 140, 141
Familia; 82, 131
Fantasía; 54, 212
Fenomenología; 15, 273
    husserliana; 15
Fibración; 187, 188
    de funciones; 187
Ficción cuántica; 226
Fidelidad; 38, 57
Filosofía
    analítica; 225
    aristotélica; 124
    clásica de la ciencia; 140
    de la ciencia; 26, 54, 90, 96, 97, 140, 141, 148, 177, 205, 206, 231, 235, 236, 260
    clásica; 140
    de la lógica; 24, 141, 235
    de las matemáticas; 169
    historia de la; 229, 230, 236
Física
    clásica; 114, 141, 233, 242
    cuántica; 145, 151, 162, 163, 184, 199, 205, 212, 220, 250, 269
Formalismo; 135, 142, 169
Fundamentos; 131, 170, 218, 261

G

Geometría(s); 136
de fractales; 267
euclidiana; 117
no euclidianas; 117, 183
Glándula; 60, 63-65
Grados de libertad; 33, 95, 110, 158, 168, 169, 182, 235
Gran Teoría Unificada (GTU); 207, 236
Gravedad cuántica; 162, 184

H

Heurística; 155, 232
Hipótesis; 94, 152, 266
Historia
clásica; 143
de la ciencia; 12, 14, 36, 53, 54, 90, 102, 137, 140, 160, 205, 229, 263
de la literatura; 224, 227
de la sociología; 227
del conocimiento; 45, 50, 102, 256, 266
del espíritu humano; 97, 103
Ilustración; 37, 208, 273
Imaginación; 15, 35, 39, 46, 54, 84, 85, 153, 154, 212, 227, 246, 267
Imaginar; 21, 33, 39, 54, 60, 100, 121, 131, 245
Implicación débil fuerte; 148, 189
Implicaciones; 94, 107, 150, 151, 159, 188, 195, 219, 221, 229
Incompletud; 142, 192
Inconsistencias; 117, 135, 183-185, 226, 240
Inferencias
abductivas; 150
de concordancia; 150
directas; 75, 149, 150

erotéticas; 219
indirectas; 149
inductivas; 149, 150
por analogía; 149
por coligación; 149
por concordancia; 149
por desigualdad; 149
por diferencia; 149
por enumeración completa; 149
por estadística; 149
por homología; 149
por igualdad; 149
por inducción amplificadora; 149
por inducción matemática; 149
por muestreo; 149
por reconstrucción; 149
por recurrencia; 149
por referencia; 149
por residuo; 149
por simetría; 149
por variaciones concomitantes; 149
por vinculación; 149
transductivas; 149, 150
Innovación; 21, 26, 43, 54, 89, 146, 160
Institucionalidad; 38, 168, 216
Inteligencia
algorítmica; 28
artificial; 171, 176
natural o humana; 172
de enjambre; 22, 64, 212
Interdisciplinariedad; 26, 41, 108
Interpretaciones; 89, 95, 164, 170, 189, 191, 199, 267
Intuicionismo; 157, 169

Investigación
del cerebro; 68
epidemiológica; 45, 113
Investigadores; 14, 22, 25, 40, 41, 43, 44, 53, 56, 58, 237
Ironía; 38, 42

J

Juego(s)
de lo posible; 58
ideatorios; 34
Jugar libremente; 21
Justificacionismo; 177

K

Karma; 250

L

Lealtad; 38, 57
Lenguaje(s)
artificial(es); 95, 99, 117, 185
corporal; 120
de programación; 96, 231
declarativo; 222
del caos; 146
expresividad del; 194
formales; 185, 222
geografía del; 119
natural; 95, 99, 111, 138
naturales formalizados; 117
Netlogo; 195

pictórico; 120
proposicional; 59, 118, 120, 218, 223
Libertad
de acción; 33, 257
de creencia; 33, 257
de expresión; 257
de opinión; 33
de palabra; 33
de pensamiento; 33, 42, 127, 257
del pensar; 109
Lingüística; 99, 107, 217, 224
Literatura; 52, 123, 199, 218, 224, 225, 227, 239
historia de la; 227
sociología de la; 227
Lo posible; 58, 86, 132, 143, 166
Lóbulo
frontal; 60, 73
occipital; 60
parietal; 60
temporal; 60
Lógica
abductiva; 105, 202, 204, 271
alética; 105, 166, 202, 271
algebrización de la; 121
alternativas; 111, 135, 139, 199
apilada (bunched logic); 217, 271
modal; 105, 143, 166, 167, 172, 188, 192, 194, 197, 202, 203, 226, 271
binaria, bivalente o dualista; 199
binaria, dualista o bivalente; 24
científica; 49, 140
clásica; 131-133, 135, 136, 151, 183, 204, 206
como órganon; 77
condicional; 105, 202

cuántica;
abstracta (orto-modular); 165
concreta (o de Hilbert); 165
de algoritmos; 243
de anuncios públicos; 219
de conceptos inexactos; 182
de contrafácticos; 105, 153, 202, 204, 212, 271
de fibras; 105, 123, 187, 202, 271
de la agencia; 168
de la demostrabilidad (provability); 271
de la ficción; 123, 182, 219, 222, 224-227, 250, 271
de la interpretación; 105, 202, 271
de la programación; 99
de la relevancia; 105, 188-190, 202, 204, 212, 216, 217, 271
de la verdad; 227
de la vida; 108
de las preguntas; 122
de los sistemas fundamentalistas, conservadores, reaccionarios; 176
de orden cero; 164
de orden superior; 93, 152, 167
de posibilidades; 108,
de predicados; 23, 93, 152, 194, 218
de primer orden; 93, 151, 167, 170, 171, 186, 194
de segundo orden; 93, 167, 168, 170, 171
de tercer orden; 93
del mundo real; 164
del mundo y de la realidad; 215
del tempo; 193
del tiempo; 179, 190-194, 196-198, 203, 206, 212, 216, 271
deóntica; 105, 122, 166-169, 184, 202, 243, 271
desviadas; 111
dialéctica; 92
dialógica; 92, 221
difusa; 105, 178-182, 202, 271

dinámica (del cambio); 105, 119, 167, 168, 194-196, 198, 202, 203, 206, 212, 216, 271
álgebra de eventos regulares; 194
doxástica; 105, 202, 271
en general; 25, 29, 31, 86, 93-95, 97, 98, 100, 102, 106, 115, 116, 120, 141, 145, 148, 185, 229, 236, 256, 258
epistémica; 105, 171-175, 184, 199, 198, 202, 203, 216, 219, 226, 271
erotética; 122, 182, 218-223, 271
estándar; 186
filosóficas; 28, 92, 135, 142, 192, 204
formal clásica (LFC); 13, 23, 92, 104, 135, 137, 138, 141, 155, 164, 192, 203, 204, 214, 218, 225, 261, 273
híbrida; 105, 202, 271
inferencial erotética (LIE); 218
infinivalente; 165
intuicionista; 105, 165, 169-171, 202, 204, 271
lateral; 92
libre; 185-187, 203, 204, 226, 250, 271
libre negativa; 187
libre neutra; 187
líneal; 217
linear de la computación; 204
matemática (simbólica); 23, 92, 133, 135, 137, 152, 170
metafísica; 136
mínima; 165
modal; 105, 143, 166, 167, 172, 188, 192, 194, 197, 202, 203, 226, 271
monotónicas; 104, 111, 152, 205
multimodal(es); 105, 143, 188, 197, 198, 202, 203, 216, 271
no algorítmicas; 247
no estándar; 92
nominada (labelled logic); 271
no monotónicas; 104, 111, 152, 176, 205, 206, 271
octovalente; 199

paraconsistente(s); 105, 165, 182- 185, 202, 204, 212, 220, 226, 235, 271
pentavalente; 200
polimodales; 198
polivalente(s) (LP); 92, 105, 179, 198, 199, 201, 202, 204, 212, 221, 271
por defecto (*default logic*); 111
positiva; 165
predicativa intuicionista; 171
pre-establecida; 227
probabilística; 204
proposicional clásica; 192, 221
proposicional de primer orden; 186
proposicional o lógica de predicados; 23, 218
sentencial; 164, 168
simbólica; 23, 28, 92, 133, 135, 137, 152, 214
situacional; 190
subestructurales; 204, 217, 271
temporal; 191-193
tetravalente; 200
trivalente, tetra, penta, exa y heptavalentes, infinivalentes; 179, 199, 212
Logos; 15, 126, 222, 249

M

Marco
científico; 45, 113
cultural; 45, 113, 203
de valores; 45, 113
económico; 45, 113
epistemológico; 45, 113
filosófico; 45, 113, 144, 238
lógico; 45, 113, 195
metodológico; 113
político; 45, 113

semántico; 45, 113
sintáctico; 45, 113
social; 45, 113
Matemática(s)
de los conjuntos difusos; 179
de sistemas
continuos; 169, 268
discretos; 169, 251, 268, 273
Mecánica
clásica; 39, 117, 141, 145, 208-210, 233, 242
cuántica; 163, 164, 183, 211, 269
de los fenómenos y comportamientos llamados cuánticos; 165
Medioambiente; 63, 64, 74, 211
Memoria
de corto plazo; 73, 74
de largo plazo; 73, 74
declarativa; 73
episódica; 74
explícita; 73
gráfica; 74
implícita; 73
procedimental; 73
semántica; 74
sensitiva; 73
visual; 74
Mente abierta; 49, 50, 147, 151, 248
Metafísica; 23, 46, 114, 135-137, 140, 143, 261
Metamatemática; 137, 267
Meta-relato, o ideología; 239
Meta-teoría(s) (metateorías); 97, 231, 235
Método
científico; 88, 131, 140
importancia del; 131
de tableros sintéticos; 220

socrático; 219, 220
Metodología
de la ciencia; 39
de la investigación científica; 97, 231
Mito(s) fundacional(es) 176, 206
Modelo(s)
científico o modelo de explicación; 209, 230
computacional; 96, 231, 268
de cluster; 174
económico; 53, 83, 95
elaboración de un; 97
físico o fisicalista; 95
informacional(es); 96, 195, 231, 268
jurídico; 95
lógico; 96, 231, 268, 269
matemático; 96, 230, 267, 268
político; 95
teoría de;
teóricos o conceptuales; 96, 170
topológicos; 171
Modernidad; 27, 28, 68, 131, 140, 266
Monotonicidad; 152, 154, 175
Mundo(s)
de la vida; 46, 241, 242, 256
en general; 133, 142, 150, 164, 166, 206, 207
macroscópico; 135
subatómico; 162
"imposibles"; 174
alternativos; 153, 174, 226
posibles; 39, 93, 107, 121, 144, 166, 168, 169, 173, 174

N

Neurociencias; 68-71, 99, 141, 224, 256
    sociales; 70, 141
No monotonicidad; 111, 112, 116, 152, 175-178, 195, 243
    de la lógica; 177, 178
Nous; 15, 126, 249

O

Ontología; 136, 143, 261
Organon; 23, 77, 136, 161

P

Paradigmas; 26
    vigentes; 26
    hegemónicos; 26
Paradoja(s); 167, 189, 198, 199
    de Simpson; 159
    epistémica; 167
Pensamiento
    dialéctico; 144
    en general; 32
    abstracto; 32
Pensar lo impensado; 85, 86, 88, 121, 249
Percepción; 59, 117, 136, 164, 224
Percolación; 14, 212
Perplejidad; 87, 250
Pluralismo
    de formas de pensar; 13, 107
    de formas de vivir; 13
    de sistemas de verdad; 13
    lógico; 13, 104, 106, 107, 132, 155, 198, 263

Polivalencia; 120, 182, 257
Pompas de intuición; 39, 54, 212
Preferencias; 70, 139, 154, 159, 209
Principio
    cultural; 261
    de contradicción; 198
    de identidad nacional; 132, 261
    de no contradicción; 226
    de tercero excluido; 131, 132, 163, 198, 226
    personal; 132
    sexual; 132
Probabilidad; 89, 105, 165, 179, 202, 246
    cuántica; 164
Problema(s)
    de lo que sea "verdad"; 140
    complejos; 48-50, 52
    de datación; 212
    de frontera; 109
    decidibles e indecidibles; 50
    P y los problemas NP; 50
Proceso(s)
    de raciocinio; 28
    cognitivos y de pensamiento; 62, 65
    de formalización de la LFC; 111
Programación; 28, 95, 96, 99-102, 195, 231, 268
Proposiciones
    atómicas; 197
    moleculares; 197
    bien construidas; 94
    de la ficción; 225
Psicología; 36, 68, 99, 141, 224, 256

R

Racionalidad; 22, 25, 130, 131, 141, 186, 229, 249, 273
Razonamiento(s)
de mundo cerrado (closed-world reasoning); 176
heredado; 176
por defecto; 176
normativos; 166
Red(es)
ciencia de; 22, 174, 206, 212
de conocimiento; 196
de agentes; 196
de teorías; 238, 269
Reduccionismo; 65, 118, 131, 160, 215, 237, 263
fisicalista; 237
logicista; 263
matematicista; 263
lógico; 156
epistémico; 156
metodológico; 156
Relación(es)
de consecuencia; 91, 98, 175
de exclusión; 148
de implicación; 148, 152, 189
de inclusión; 148
de negación; 148
Relativismo; 22, 25, 229
Religión; 32, 158, 216, 218, 224, 241, 243

S

Semántica
ausencia de; 188
de Kripke; 163, 170
de la LFC; 107, 142

de la lógica; 166, 190, 220
del "ser"; 142
del mundo
actual; 142
real; 107, 142
desde el punto de vista lógico; 170
no clásica; 165
Síntesis; 54, 75, 99, 108, 109, 133
Sistema(s)
abierto(s); 49, 50, 144, 146, 147, 173, 247, 248
alejados del equilibrio; 180
centralizados; 180
clásicos; 196, 210
complejos; 50, 133, 156, 194, 205, 237, 238, 248, 249
no lineales; 133
de complejidad creciente; 132, 161
intersticios de los; 161
matices de los; 161
pliegues de los; 161
tiempo de los; 161
de consecuencia; 202
de cooperación; 243
de inferencia; 139
de notación; 134, 138, 139
de pensamiento; 33, 124, 140
de sistemas; 60, 65, 66
de validez; 189, 195
de verdad; 13, 92, 93, 107, 139, 187, 202, 203, 263
descentralizados; 180
dinámicos; 210, 211
clásicos; 210, 211
de la mecánica cuántica; 211
de la mecánica estadística; 210
de la teoría kam; 211

de la termodinámica; 210
hamiltonianos; 210
lagrangianos; 210
no lineales; 211
de deducción; 161
en equilibrio; 180
estables; 180
hamiltoniano; 211
invariables en el tiempo; 180
límbico (sentimientos); 72
lineales; 180
normativos; 243, 246
perfectamente aleatorios; 180
sociales
artificiales; 208, 212
humanos; 205, 208, 209, 212
naturales; 208, 209, 212
termodinámicos estadísticos; 211
variables y fluctuantes; 180
vivos; 21, 58, 65, 105, 118, 119, 130, 193, 213, 226, 240, 242, 243, 259
Sociedad
de la información; 21, 25, 102, 196
de redes; 21, 25
del conocimiento; 21, 25
humana; 216

T

Tecnología(s); 36, 68, 71, 100, 101, 165, 180, 205, 212, 237
aplicadas; 68
de comunicación; 71
sociales; 71
Teoría(s)
analíticas; 233, 269

autorreferenciales; 233
científica; 97, 235
consistente; 231, 233
contiguas; 233
cuántica; 163, 191, 205, 211-214, 273
de branas y de m-branas; 162, 184
de bucles cuánticos; 162
de catástrofes; 156
de cuerdas; 162, 184
de juegos; 199, 221
de la complejidad computacional; 49-51, 193
de la epigénesis (o epigenética); 64
de la evolución; 192, 205, 273
de la recursividad (o de la recursión); 94, 96, 138
de la relatividad; 117, 145, 162, 184, 203
de la semántica de la ficción; 225
de las demostraciones; 94, 98, 138, 175, 219, 229
de modelos; 94, 95, 175, 229
de probabilidades; 249
de secuencias de elección; 171
desarrollo de una; 97
general de la complejidad; 237, 238
historia de las; 97
in o subdeterminada; 232
inconsistente; 232
inconsistentes; 233, 269
literaria; 224, 227
paraconsistente; 232, 234
superconsistente; 232, 269
Termodinámica
del equilibrio; 141
del no equilibrio; 144, 156
Tiempo(s)
cronológico; 48, 55, 78, 191, 159

del kairós; 55
granularidad del; 193
lineal; 191, 193
macroscópicos; 162, 213
microscópicos; 162, 213
no polinomial(es); 101, 193
polinomial(es); 45, 101, 193
Trivialidad; 46, 149, 150, 183, 185, 219

U

Universo
macroscópico; 94, 116, 162, 184
microscópico; 94, 116, 135, 162, 184, 213

V

Validez; 24, 92, 94, 97, 102, 111, 155, 174, 175, 189, 195, 214, 219
Valores de verdad; 171, 195, 227

Y

Yo (el); 60, 67, 262

Z

Zoê; 80, 244

Índice onomástico

A

Ackermann, Wilhelm; 137
Anderson, John; 188
Anderson, Philip; 237
Andrónico de Rodas; 261
Aristizábal, Gerardo; 17
Aristóteles; 23, 46, 77, 119, 124-126, 131, 136, 143, 203, 227, 244, 247, 261, 266
Arnold, Vladimir; 210

B

Bach, Johann Sebastian; 89
Bak, Per; 22, 267
Barabasi, Albert-László; 22
Bauman, Zygmunt; 81
Belnap, Nuel; 188
Bencivenga, Ermanno; 186
Benoît, Mandelbrot; 267
Bernays, Paul; 137
Bernouilli, Daniel; 141
Birkhoff, Garrett; 163
Bochvar, Dmitrii Anatol'evic; 198
Bohr, Niels; 126
Bonabeau, Eric; 22
Bonaparte, Napoleón; 27
Boole, George; 24
Borges, Jorge Luis; 127
Braun, Herbert von; 48
Brouwer, Luitzes Egbertus Jan; 137, 170
Burali-Forti, Cesare; 137
Burnet, Thomas; 235

C

Cantor, Georg; 137
Carnap, Rudolf; 140, 141
Cartwright, Nancy; 238, 268
Cortés, Hernán; 38
Crisipo de Solos; 54
Curie, Marie; 86, 160

D

Dalen, Dirk van; 170
Darwin, Charles; 126, 267
Dedekind, Richard; 137
Deleuze, Gilles; 81
Demócrito; 144
Descartes, René; 28, 126, 229, 266
Dorigo, Marco; 22

E

Éfeso; 144, 146
Einstein, Albert; 25, 38, 45, 113, 126, 130, 203
Epicuro; 144

F

Feynman, Richard; 160
Finsler, Paul; 137
Foucault, Michel; 127, 243
Fourier, Joseph; 158
Fraassen, Bastiaan Cornelis van; 186
Fraenkel, Adolf; 137
Frege, Gottlob; 24, 137, 185, 225
Freud, Sigmund; 56

G

Gabbay, Dov; 81, 188
Galilei, Galileo; 126, 160
Gandhi, Mahatma; 242
Gautama, Siddharta (Buda); 34, 242
Gell-Mann, Murray; 237
Gentzen, Gerhard; 138
Gödel, Kurt; 120, 137, 142, 233, 269
Goldblatt, Robert Ian; 163
Gómez-Cruz, Nelson; 16
Gorgias de Leontinos; 143, 261
Guattari, Félix; 81

H

Habermas, Jürgen; 241
Halpern, Joseph Y.; 175
Hameroff, Stuart; 205, 212
Hamilton, William; 210
Hegel, Georg Wilhelm Friedrich; 143, 242
Heidegger, Martin; 236, 248, 260
Heijenoort, Jean van; 24, 137
Heráclito de Éfeso; 54, 90, 143, 144, 146, 151
Herbrand, Jacques; 137
Hilbert, David; 24, 108, 137, 142, 165, 169, 267
Hintikka, Jaakko; 175, 188
Hubble, Edwin; 160
Husserl, Edmund; 15, 241, 242

J

Jacob, François; 58
Jaskowski, Stanisław; 183
Jesús de Nazareth; 242

K

Kant, Immanuel; 37, 98, 119, 124, 247
Kauffman, Stuart Alan; 125-127, 144, 146
Kepler, Johannes; 126
Kierkegaard, Søren; 132, 215
Kleene, Stephen; 138, 198
Klein, Naomi; 83, 84
Kolmogorov, Andréi; 137, 210
König, Gyula; 137
Kripke, Saul; 138, 163, 170, 188
Kuhn, Thomas; 233, 269

L

Lambert, Karel; 186
Laplace, Pierre-Simon; 126
Lara-Rosano, Felipe; 14
Leibniz, Gottfried; 28, 160
Lewin, Kurt; 38, 56
Locke, John; 126
Lorenz, Edward; 146, 267
Löwenheim, Leopold; 137
Lukasiewicz, Jan; 182, 198
Lumumba, Patricio; 242
Lyapunov, Aleksandr; 158, 248

M

Marcuse, Herbert; 263
Marx, Karl; 144, 186, 242
Mbembe, Achille; 41
Meinong, Alexius; 224
Meyer, Georg Friedrich; 188
Morgan, G.; 24, 137

Morin, Edgar; 14, 15
Moser, Jürgen Kurt; 210

N

Neumann, John von; 137, 163
Newton, Isaac; 28, 126, 160, 209
Nicómaco; 23, 261
Nietzsche, Friedrich; 146

O

O'Hearn, Peter William; 217
Ockham, Guillermo de; 208

P

Padoa, Alessandro; 137
Padura, Leonardo; 137
Parménides de Elea; 136, 143, 198, 261
Peano, Giuseppe; 137
Peirce, Charles Sanders; 204
Penrose, Roger; 205, 212
Piaget, Jean; 266
Platón; 55, 85, 126, 143, 177, 219, 221, 261
Poincaré, Henri; 169, 209, 267
Poisson, Siméon Denis; 141
Popper, Karl; 140, 141
Post, Emil Leon; 137, 198
Pratt, Vaughan Ronald; 194
Prigogine, Ilya; 55, 144, 146, 206
Prior, Arthur; 191
Pym, David; 217

Q

Quine, Willard Van Orman; 138

R

Rhoades, Gary; 41
Rodríguez-Zoya, Leonardo; 13
Russell, Bertrand; 137, 225

S

Salinas, Teresa; 14
Sartre, Jean Paul; 262
Sassen, Saskia; 80, 81
Schock, Rolf; 186
Schönfinkel, Moses; 137
Schrödinger, Erwin; 126, 242
Shakespeare, William; 138
Skolem, Thoralf; 137
Slaughter, Sheila; 41
Smith, Adam; 126
Spinoza, Baruch; 160
Stalin, Iósif; 137
Stengers, Isabelle; 55
Strawson, Peter Frederick; 225
Strogatz, Steven; 22

T

Taleb, Nassim Nicholas; 85, 89, 248
Tarski, Alfred; 24, 137, 140, 141
Theraulaz, Guy; 22
Trotsky, León; 137
Turing, Alan; 97, 171, 172, 243

U

Urquart, Christine; 188

V

Vattimo, Gianni; 263
Vesalius, Andrés; 160

W

Watts, Duncan J.; 22
Weyl, Hermann; 137
Whitehead, Alfred North; 137
Wiener, Norbert; 137
Wilson, Edward O.; 207
Wisniewski, Andrzej; 218
Wittgenstein, Ludwig Josef Johann; 118, 227, 239

Z

Zadeh, Lotfi A.; 179
Zermelo, Ernst; 137

pensar

Las lógicas
no clásicas

Fue editado y publicado por la
Editorial Universidad El Bosque
Abril de 2020
Bogotá, Colombia